



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituto de Química

ISABELLA CARDOSO SERRADO

# A UTILIZAÇÃO DA MULTIMÍDIA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Rio de Janeiro

2016

ISABELLA CARDOSO SERRADO

## A UTILIZAÇÃO DA MULTIMÍDIA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Projeto final submetida ao corpo docente do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Química.

Orientadora: Profa Dra Michelle Jakeline  
Cunha Rezende

Co-orientador: MSc. Rodrigo Negrelli  
Guzzo

Rio de Janeiro

2016

## A UTILIZAÇÃO DA MULTIMÍDIA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Isabella Cardoso Serrado

Projeto final submetido à banca examinadora,  
como requisito para conclusão do curso de  
Licenciatura em Química da Universidade Federal  
do Rio de Janeiro.

Aprovada por:

---

Profa Dra Michelle Jakeline Cunha Rezende (IQ-UFRJ)

---

MSc. Rodrigo Negrelli Guzzo

---

Profa.Bianca Peres Pinto (IQ-UFRJ)

---

Prof. Waldmir Nascimento Araújo Neto (IQ-UFRJ)

“Sonhos determinam o que você quer.  
Ação determina o que você conquista.”

Aldo Novak

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente aos meus pais Julio Cezar e Karla Christina por todo incentivo para minha primeira conquista que era ingressar na UFRJ e todo apoio durante o curso.

A minha vó Lourdes por todo amor e cuidado que teve por mim todos esses anos, seus lanchinhos e marmitinhas preparadas foram fundamentais.

A minha irmã Isis por todo carinho e paciência.

Ao meu noivo Douglas, por toda paciência nos meus estresses antes das provas e por me fazer crer na minha capacidade.

A Profa Dra Michelle Jakeline Cunha Rezende e ao MSc Rodrigo Negrelli Guzzo por toda paciência e ensinamentos.

A todos os amigos do LEMAE pela boa convivência e sugestões durante o trabalho.  
As amigas Taiana e Yasmin pela amizade e companheirismo durante essa trajetória.

Aos membros desta banca por disponibilizarem parte de seu dia e terem aceito o meu convite.

.

Isabella Cardoso Serrado

Orientador: Profa Dra Michelle Jakeline Cunha Rezende

Co-orientador: MSc Rodrigo Negrelli Guzzo

Um dos grandes desafios do ensino de química nas turmas de nível médio é construir uma ponte entre o conhecimento ensinado e o mundo cotidiano dos alunos, estabelecendo uma contextualização com seu dia a dia. Uma excelente estratégia de contextualização e de incentivo para promover o raciocínio dos alunos é a utilização da experimentação em sala de aula. Entretanto, muitos professores não utilizam a experimentação como um recurso pedagógico, pelos motivos mais diversos possíveis, por exemplo, a falta de um ambiente adequado como laboratórios nas escolas, um número exagerado de alunos nas classes, falta de recursos financeiros e o medo relacionado a segurança de todos os envolvidos. Uma alternativa para driblar a falta da experimentação em sala é fazer uso de outras ferramentas como, a multimídia. Uma das grandes vantagens da utilização de um ensino virtual é apresentar ao aluno propostas que não seriam possíveis como a visualização de uma química microscópica, a demonstração de experiências que não seriam possíveis no âmbito escolar por motivos de segurança e/ou espaço físico. A partir disso, o objetivo deste trabalho foi criar uma plataforma virtual de ensino, onde foram abordados alguns conteúdos do currículo mínimo de química utilizado no ensino médio, tendo como suporte materiais no formato de textos, vídeos explicativos e vídeos experimentais. Alguns experimentos utilizando o óleo de soja residual e etanol como reagentes principais foram desenvolvidos, como a produção de biodiesel, produção de sabão e a titulação de óleo de soja virgem e de óleo de soja residual a fim de comparar a diferença de acidez. Todos os experimentos visaram a segurança dos alunos. Os experimentos foram gravados e adicionados ao site, que foi criado pela plataforma wix.com. A expectativa é que o site seja um recurso capaz de aumentar o interesse do aluno, a partir da demonstração e explicação de alguns conteúdos abordados em sala de aula de forma mais didática.

## Sumário

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>V</b>
<b>ABREVIACÕES, SÍMBOLOS E UNIDADES .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO E OS SEUS PROBLEMAS .....	1
1.1.1 Estratégias para uma melhor aprendizagem .....	1
1.1.2 Experimentação.....	2
1.1.3 Utilização da multimídia como ferramenta de ensino.....	4
1.2 ALIMENTAÇÃO COMO TEMA DE ENSINO .....	5
1.2.1 Lipídios.....	5
1.2.2 A estrutura dos ácidos graxos .....	6
1.2.3 Simbologia dos ácidos graxos .....	7
1.2.4 Gorduras <i>trans</i> .....	9
1.3 PROBLEMAS AMBIENTAIS .....	11
1.3.1 Reaproveitamento dos óleos vegetais residuais .....	12
1.3.1.1 Biodiesel.....	12
1.3.1.2 Sabão .....	14
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>15</b>
2.1. OBJETIVOS GERAIS.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
3.1. ANÁLISE DO CURRÍCULO MÍNIMO DO ENSINO MÉDIO .....	16
3.1.1. Escolha dos conteúdos a serem abordados .....	17
3.2. ESCOLHA DOS EXPERIMENTOS .....	17
3.2.1. Produção de biodiesel a partir do óleo de soja .....	17
3.2.1.1. Óleo de soja virgem .....	17
3.2.1.2. Óleo de soja residual .....	19
3.2.1.3. Separação das fases e purificação.....	22
3.2.2. Produção de sabão .....	23
3.2.2.1. Sabão em barra a partir de óleo residual .....	23
3.2.2.2. Sabão líquido a partir de óleo residual.....	24
3.2.3. Determinação de acidez de óleo de soja virgem e óleo de soja residual.....	24

3.3	MULTIMÍDIA .....	25
3.3.1	A criação da plataforma virtual.....	25
3.3.2.	Gravação dos vídeos .....	28
4.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
4.1.	ANÁLISE DO CURRÍCULO MÍNIMO.....	31
4.1.1.	Escolha dos lipídios como tema do trabalho .....	31
4.1.2.	Escolha dos experimentos.....	32
4.2.	MULTIMÍDIA .....	33
4.2.1.	Vídeos dos experimentos.....	33
4.3.	RESULTADO DOS EXPERIMENTOS.....	34
4.3.1	Cálculo de conversão em biodiesel por RMN de $^1\text{H}$ .....	34
4.3.2	Produção do sabão .....	38
4.3.3	Determinação da acidez do óleo de soja virgem e residual.....	38
5.	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>40</b>
6.	<b>PERSPECTIVAS .....</b>	<b>40</b>
7.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>



## **ABREVIações, Símbolos e Unidades**

PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
UNESP	Universidade Estadual Paulista
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
<i>www</i>	World Wide Web (rede de alcance mundial)
LEMAE	Laboratório de Estudos para o Meio Ambiente e Energia
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
RMN	Ressonância Magnética Nuclear

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resposta dos alunos após aulas de química com experimentos.....	3
Figura 2: Reação do glicerol com ácidos graxos para a formação do triacilglicerol.....	5
Figura 3: À esquerda ácidos graxos saturados e a direita uma mistura de ácidos graxos saturados e insaturados.....	7
Figura 4: Fórmula estrutural de ácidos graxos.....	7
Figura 5: Diferença estrutural entre os isômeros <i>cis</i> e <i>trans</i> .....	10
Figura 6: Reação de transesterificação com etanol.....	13
Figura 7: Reação de saponificação.....	14
Figura 8: Forno micro-ondas utilizado nas reações.....	18
Figura 9: Separação das fases de biodiesel e glicerina após a reação. ....	19
Figura 10: Óleo residual sendo filtrado.....	20
Figura 11: Óleo residual após a filtração.....	20
Figura 12: Separação das fases de biodiesel e glicerina após a reação utilizando óleo residual.....	22
Figura 13: Biodiesel após a lavagem .....	23
Figura 14: Sabão em barra.....	24
Figura 15: Plataforma utilizada para criar o site de ensino.....	25
Figura 16: Criação da conta na plataforma Wix.....	25
Figura 17: Escolha do layout do site.....	26
Figura 18: Site fictício apresentado pela plataforma Wix.....	26
Figura 19: Botão para possíveis modificações no site.....	27
Figura 20: Site de ensino após pequenas modificações.....	27
Figura 21: Página inicial do programa de edição Wondershare Filmora.....	28
Figura 22: Programa de edição Wondershare Filmora.....	29
Figura 23: Programa de edição Wondershare Filmora após colocar o vídeo na área de edição.....	29
Figura 24: Representação dos sinais de RMN de $^1\text{H}$ utilizados para o cálculo de conversão para reações realizadas com etanol .....	34

Figura 25: Representação dos sinais de RMN de $^1\text{H}$ utilizados para o cálculo de conversão para reações realizadas com metanol.....	35
Figura 26: Espectro de RMN de $^1\text{H}$ da amostra do biodiesel a partir do óleo de soja virgem e etanol combustível.....	35
Figura 27: Espectro de RMN de $^1\text{H}$ da amostra do biodiesel a partir do óleo de soja virgem e metanol.....	36

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Alguns ácidos graxos de ocorrência natural.....	8
Tabela 2: Composição média percentual de ácidos graxos obtidos na hidrólise de alguns tipos de alimentos.....	9
Tabela 3: Demonstração dos valores em toneladas de óleo de soja no Brasil.....	11
Tabela 4: Quantidade das matérias primas utilizadas para a produção de biodiesel.....	12
Tabela 5: Condições da transesterificação do óleo de soja virgem usando a metodologia tradicional com temperatura de 50°C .....	18
Tabela 6: Condições da transesterificação do óleo de soja virgem usando aquecimento por micro-ondas por 10 segundos em potência máxima.....	18
Tabela 7: Condições da transesterificação do óleo de soja residual usando a metodologia tradicional em temperatura de 60°C. ....	21
Tabela 8: Condições da transesterificação do óleo de soja residual usando aquecimento por micro-ondas, por 10 segundos em potência máxima.....	21
Tabela 9: Variações no tempo da reação de transesterificação do óleo de soja residual e etanol combustível utilizando aquecimento por micro-ondas.....	21
Tabela 10: Conversão das reações utilizando a metodologia tradicional.....	37
Tabela 11: Conversão das reações utilizando radiação micro-ondas.....	37
Tabela 12: Conversão das reações utilizando óleo residual, etanol combustível em radiação micro-ondas com variação de tempo.....	38
Tabela 13: Resultado da titulação básica.....	39

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO E OS SEUS PROBLEMAS

As diversas críticas ao ensino tradicional e arcaico que ainda é utilizado nas salas de aula do ensino médio vêm gerando grandes questionamentos sobre as possíveis mudanças educacionais para uma melhor abordagem dos conteúdos no ensino médio.

O ensino tradicional de química no ensino médio é marcado por metodologias baseadas em memorização de leis, fórmulas, conceitos e intensa massificação de conteúdo (Silva *et al.*, 2012).

Alguns autores sugerem que os conteúdos abordados devem ser contextualizados com o cotidiano, com a realidade e conhecimentos já existentes dos alunos. A ausência desta contextualização acarreta o desinteresse da participação por parte dos alunos onde os mesmos tornam-se apenas ouvintes das informações fornecidas pelo professor, ou seja, não há uma aprendizagem significativa. Para que essa aprendizagem ocorra são necessárias duas condições a primeira é a vontade de aprender do aluno e a segunda, o conteúdo escolar deve possuir uma lógica para o estudante (Guimarães, 2009).

Dentre as críticas ao ensino tradicional encontradas em trabalhos voltados à área educacional, encontra-se a não participação efetiva do aluno dificultando o interesse e a assimilação do conteúdo abordado em classe (Guimarães, 2009; Lima, 2000; Pelizzari, 2002).

#### 1.1.1 Estratégias para uma melhor aprendizagem

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) formam as referências nacionais para o Ensino Básico, e determinam as metas para a educação estabelecidas pelas políticas públicas do Ministério da Educação. Seu objetivo é tornar uma educação nacional homogênea e auxiliar os docentes em sala de aula.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) é a lei geral da educação brasileira, que dita as diretrizes e as bases da organização do sistema educacional. Partindo das definições da LDB, o Ministério da Educação reformulou e gerou um

novo perfil de currículo (PCN's). Os novos parâmetros visam mudar de um ensino descontextualizado e baseado em acúmulo de informações, para um ensino contextualizado, oferecendo para o aluno um significado ao conhecimento, para que possa incentivar o raciocínio e a capacidade de aprendizado.

O artigo 36 da LDB explicita que o ensino médio é a etapa final do ensino básico; essa terminalidade significa que todos que exercerem o ensino médio deverão ter a oportunidade de aprimorar e aprofundar os conhecimentos obtidos no ensino fundamental. Dentre as funções desta nova lei pode-se destacar o preparo e a orientação do indivíduo para o mundo do trabalho, o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico.

Dentro dessa reformulação, algumas das propostas pedagógicas para um ensino de qualidade são:

- Interdisciplinaridade;
- Contextualização;
- Currículo voltado para as competências básicas; para as disciplinas da ciência podemos destacar o estímulo de atividades que permitam que o aluno reconstrua os conhecimentos adquiridos em sala de aula, como por exemplo, através da experimentação e execução de projetos.

### 1.1.2 Experimentação

Uma excelente estratégia de contextualização e de incentivo para promover o raciocínio dos alunos é a utilização da experimentação em sala de aula (Martins *et al.*, 2014).

A metodologia utilizada para as aulas experimentais não deve ser baseada em “receita de bolo” onde é entregue ao aluno o roteiro do que deve ser feito e o que se espera no final de um experimento. É interessante que o professor anteriormente tenha passado um embasamento teórico e norteie todo o procedimento chamando a atenção para os acontecimentos mais importantes, como por exemplo, uma

mudança de cor, estado físico ou liberação de gases; e faça questionamentos sobre o motivo desses acontecimentos (Guimarães, 2009).

Quando essa metodologia não é utilizada e o aluno sabe o que esperar no final do experimento, não possui problema algum a ser resolvido e isso não possibilita ao aluno um estímulo para questionamentos e um aumento de sua vontade pela investigação.

Um trabalho realizado por graduandas de Licenciatura em Química da UNESP (Martins *et al.*, 2014) em uma escola estadual de ensino médio próxima a regiões periféricas, demonstra a diferença de uma educação de química com utilização de experimentos. No trabalho, é possível observar que o interesse e o aprendizado dos alunos foram elevados após as atividades propostas pelas graduandas em sala de aula (Figura 1).



**Figura 1:** Resposta dos alunos após aulas de química com experimentos. **Fonte:** Martins *et al*, 2014.

Muitos professores não utilizam a experimentação como um recurso pedagógico, pelos motivos mais diversos possíveis, como a falta de um ambiente adequado nas escolas, um número exagerado de alunos por classe, o que pode causar uma aula tumultuada pelo fato de estar sendo apresentada uma atividade diferente do que estão acostumados, falta de recursos financeiros para o custeio dos materiais necessários e o medo relacionado a segurança de todos envolvidos.

Muitos acreditam que o tempo gasto com essas atividades compromete o andamento do cronograma estabelecido. Alguns professores não veem a experimentação como algo aliado a construção de conhecimentos e sim como algo que vai ser utilizado e causará uma diminuição do tempo existente para a apresentação dos conteúdos exigidos pelo Ministério da Educação.

Uma estratégia para driblar a falta da experimentação em sala de aula é fazer o uso de outras ferramentas como, por exemplo, a multimídia.

### **1.1.3 Utilização da multimídia como ferramenta de ensino**

A multimídia é definida pelo dicionário como o sistema que combina som, imagens estáticas, animação, vídeo e textos, com funções educativas, entre outras.

Os PCN's apoiam o uso das tecnologias nos mais diversos níveis e áreas curriculares, e um meio tecnológico bastante utilizado atualmente é o computador, e conseqüentemente a internet. O computador permite diferentes meios de registro e representação da realidade e, desse modo, condiciona novas relações de comunicação estruturadas pelas múltiplas formas de representação da realidade, tais como gráficos ou animações, que provêm um conjunto diversificado de meios para planejar e estruturar as atividades de ensino e aprendizagem de química (Benite *et al.*, 2011).

Uma das grandes vantagens da utilização de um ensino virtual é a possibilidade de apresentar ao aluno propostas que não seriam possíveis em sala de aula como, por exemplo, a visualização de uma química mais microscópica, a demonstração de experiências que não seriam possíveis no âmbito escolar por motivos de segurança e/ou espaço físico. Uma vez que a internet está inserida no dia a dia dos jovens, a utilização de um ambiente virtual para a divulgação de um conteúdo educacional faz com que ocorra uma aproximação do cotidiano do aluno com o educador.

A multimídia de qualquer forma não substitui o ensino tradicional onde se é utilizado livros, apostilas e o famoso quadro e giz, ela é apenas um suporte e um auxiliador para uma aula mais dinâmica e atrativa com a utilização de vídeos, jogos, jornais e revistas. Essa maior dinâmica em sala de aula fará com que ocorra uma maior discussão de ideias entre os estudantes e o professor transformando a informação



em aprendizado. A multimídia possibilita mostrar ao aluno que existem outros ambientes de aprendizado além da sala de aula.

Visto isso, existe então uma tendência atual dos educadores abordarem os conteúdos com temas contextualizados como, por exemplo, a alimentação, que vem se tornando uma preocupação cada vez maior para a população.

## 1.2 ALIMENTAÇÃO COMO TEMA DE ENSINO

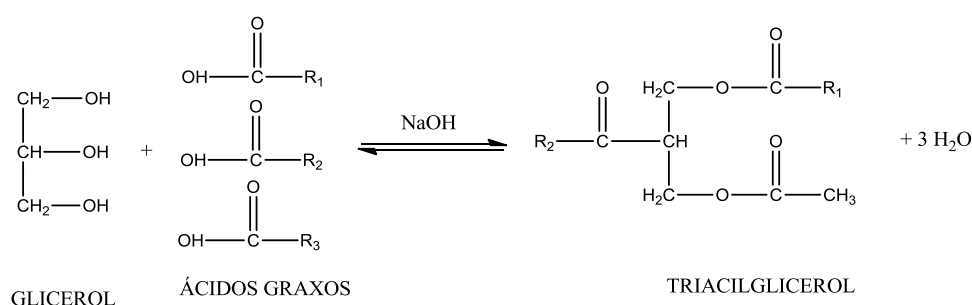
A alimentação é um tema muito rico conceitualmente, o que permite serem desenvolvidos conceitos químicos, físicos e biológicos (Neves *et al.*, 2009).

A alimentação é o processo responsável por suprir às necessidades orgânicas do indivíduo, como por exemplo, plástica, energética e reguladora. A função energética mantém a temperatura corporal e o fornecimento de energia para que o organismo realize suas funções. São fontes de energia os glicídios, os lipídios e as proteínas (Evangelista, 1994).

### 1.2.1 Lipídios

Os lipídios são as principais formas de armazenamento de energia do nosso corpo (Lehninger, 2002). É um nutriente adquirido através da alimentação pelo consumo de gorduras animais, como manteigas, e de óleos vegetais, como o óleo de soja.

O armazenamento de energia é realizado pelos lipídios em sua forma de triacilgliceróis, que são triésteres derivados de ácidos graxos e são formados através de uma reação química entre uma molécula de glicerol e três moléculas de ácidos graxos (Figura 2). Os diferentes ácidos graxos incorporados nas cadeias carbônicas dos triacilgliceróis os tornarão diferentes entre si (Merçon, 2010).



**Figura 2:** Reação do glicerol com ácidos graxos para a formação do triacilglicerol.  
**Fonte:** Merçon, 2010.

Os óleos vegetais e as gorduras animais se diferem quanto ao seu estado físico a temperatura ambiente (25°C), sendo os óleos encontrados no estado líquido e as gorduras em estado sólido (McMurry, 2011). Para entender os motivos dessa diferença no estado sólido é necessário conhecer suas diferenças estruturais.

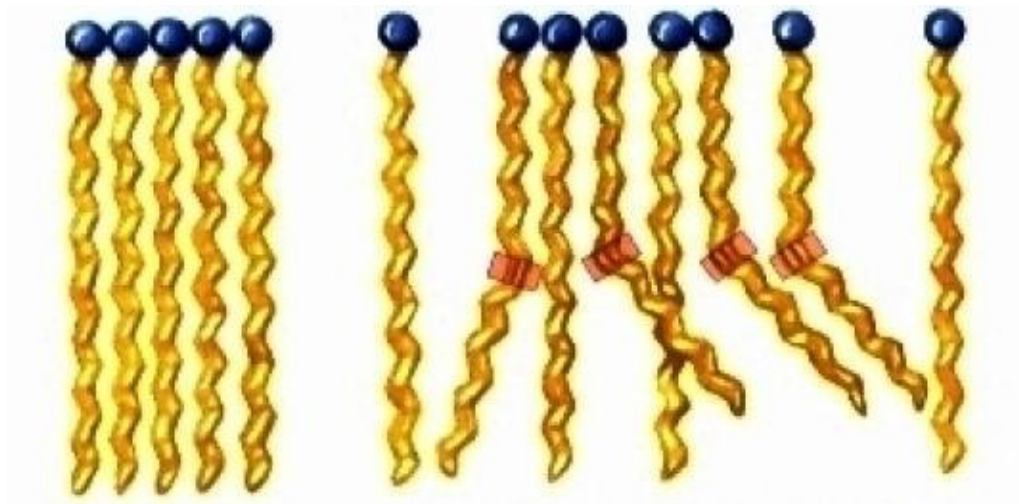
### 1.2.2 A estrutura dos ácidos graxos

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos de cadeias hidrocarbônicas de comprimento entre 4 e 36 carbonos, e sua cadeia pode ou não apresentar insaturações. Os ácidos graxos de maior ocorrência na natureza possuem número par de carbonos em sua cadeia não ramificada de 12 a 24 carbonos. Essa cadeia hidrocarbônica é apolar e por consequência disso os ácidos graxos são insolúveis em água (Lehninger, 2002).

A diferença de ponto de fusão e estado físico entre óleos vegetais e gorduras animais é resultado das diferentes interações intermoleculares que ocorrem. Os ácidos graxos saturados podem adotar qualquer conformação, pois as ligações simples C-C possuem rotação livre, o que promove uma grande flexibilidade. Porém a conformação tende a ser estendida, desse modo a cadeia possui um menor impedimento estérico, fazendo com que os ácidos graxos saturados possuam um alto grau de empacotamento devido às interações de van der Waals que ocorre entre as cadeias.

Quanto aos ácidos graxos que possuem insaturação, esses podem se apresentar como isômeros geométricos *cis* e *trans*. Os isômeros *cis* são termodinamicamente menos estáveis (Solomons e Fryhle, 2002), mas os ácidos graxos insaturados naturais possuem conformação *cis* devido a estereoespecificidade das enzimas que preferencialmente produzem tais isômeros na biossíntese dos lipídios.

A conformação *cis* provoca uma curvatura na cadeia do hidrocarboneto o que impede o agrupamento tão compacto quanto dos ácidos de cadeia saturada (Figura 3), fazendo com que as interações intermoleculares sejam mais fracas.

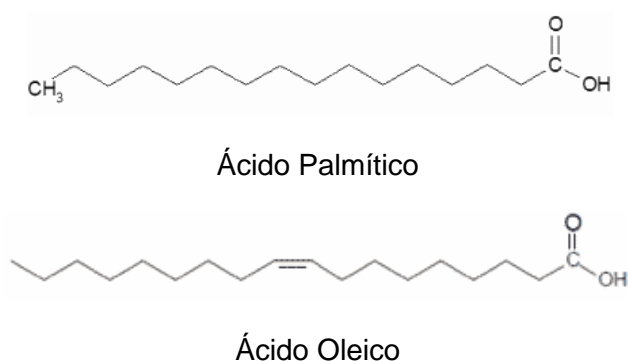


**Figura 3:** À esquerda ácidos graxos saturados e a direita uma mistura de ácidos graxos saturados e insaturados. **Fonte:** Lehninger, 2002.

Essa diferença de interação influencia no ponto de fusão de cada molécula. As moléculas saturadas, que possuem um alto grau de empacotamento, gastam uma maior energia para romper os arranjos formados em comparação às moléculas insaturadas. Com isso as moléculas saturadas possuem um maior ponto de fusão. Isso explica a diferença dos estados físicos entre os óleos vegetais e as gorduras animais.

### 1.2.3 Simbologia dos ácidos graxos

Os ácidos graxos possuem uma simbologia simples para a especificação do número de carbonos e o número de ligações duplas. Como exemplo tem-se o ácido palmítico, um ácido graxo saturado com 16 carbonos e o ácido oleico com 18 carbonos e 1 ligação dupla, suas nomenclaturas são 16:0 e 18:1 respectivamente; onde o número à esquerda dos dois-pontos é referente ao número de carbonos e o número à direita referente ao número de ligações duplas. (Lehninger, 2002).



**Figura 4:** Fórmula estrutural de ácidos graxos.

As posições das duplas são especificadas por números superescritos após uma letra grega  $\Delta$ (delta), como por exemplo, no ácido oleico 18:1( $\Delta^9$ ).

Na Tabela 1 é possível verificar os ácidos graxos presentes na natureza quanto sua estrutura, nomenclatura, e ponto de fusão.

**Tabela 1:** Alguns ácidos graxos de ocorrência natural. **Fonte:** Lehninger, 2002

Simbologia	Estrutura	Nome sistemático	Nome Comum	Ponto de Fusão (°C)
12:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Ácido n-dodecanóico	Ácido Láurico	42,2
14:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Ácido n-tetradecanóico	Ácido Mirístico	53,9
16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Ácido n-hexadecanóico	Ácido Palmitico	63,1
18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Ácido n-octadecanóico	Ácido esteárico	69,6
20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Ácido n-eicosanóico	Ácido Araquídico	76,5
24:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	Ácido n-tetracosanóico	Ácido lignocérico	86,0
16:1( $\Delta^9$ )	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ácido <i>Cis</i> -9- hexadecenoico	Ácido Palmitoléico	-0,5
18:1( $\Delta^9$ )	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ácido <i>Cis</i> -9- octadecenoico	Ácido Oléico	13,4
18:2( $\Delta^{9,12}$ )	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ácido <i>cis</i> -, <i>cis</i> -9,12- octadecadienoico	Ácido Linoléico	5
18:3( $\Delta^{9,12,15}$ )	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ácido <i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> - 9,12,15- octadecatrienoico	Ácido $\alpha$ - linolênico	-11
20:4( $\Delta^{5,8,11,14}$ )	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	Ácido <i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> - , <i>cis</i> -5,8,11,14- icosatetraenoico	Ácido Araquidônico	-49,5

Na Tabela 2 é possível verificar que os óleos vegetais e gorduras animais utilizados no preparo das refeições são compostos por uma mistura de ácidos graxos.

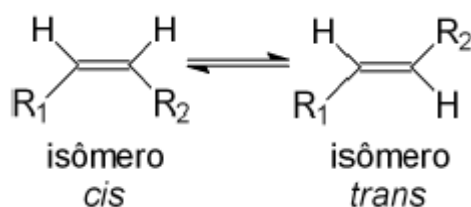
**Tabela 2:** Composição média percentual de ácidos graxos obtidos na hidrólise de alguns tipos de alimentos. **Fonte:** Merçon, 2010.

Ácido graxo	Manteiga	Banha	Azeite de oliva	Óleo de milho	Óleo de algodão	Óleo de soja	Óleo de coco	Óleo de girassol	Óleo de canola	Óleo de dendê
C4:0	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6:0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8:0	1	-	-	-	-	-	6	-	-	-
C10:0	3	-	-	-	-	-	8	-	-	-
C12:0	5	-	-	-	-	-	45	-	-	-
C14:0	15	1	1	1	1	1	18	-	-	1
C16:0	27	28	10	8	23	10	9	8	4	42
C18:0	5	12	2	3	1	2	3	5	3	4
C20:0	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
C16:1(9)	5	3	-	1	2	1	1	-	-	-
C18:1(9)	30	48	70	36	24	28	7	25	58	42
C18:2(9,12)	4	8	17	51	49	50	2	61	27	11
C18:2(9,12,15)	-	-	-	-	-	8	-	-	8	-

#### 1.2.4 Gorduras *trans*

Um grande vilão do consumo de gorduras, principalmente advindas de processo industrial, são as gorduras *trans*. Na última década elas ganharam destaque na mídia devido ao mal que causam a saúde.

Apesar das enzimas formarem preferencialmente ácidos graxos *cis*, o seu isômero *trans* é encontrado em diversos alimentos consumidos. Isso ocorre porque alguns processos industriais e naturais geram a modificação dos ácidos graxos *cis* em *trans*. A Figura 5 mostra a diferença estrutural entre os isômeros.



**Figura 5:** Diferença estrutural entre os isômeros *cis* e *trans*. **Fonte:** Merçon, 2010.

Os processos nos quais é verificada essa modificação são: no processo de fritura de alimentos com a reutilização prolongada dos óleos de fritura, na hidrogenação parcial de óleos vegetais, na etapa de desodorização de óleos vegetais e na transformação por micro-organismos em alimentos originados de animais ruminantes (Merçon, 2010).

A maior fonte de ácidos graxos *trans* é a hidrogenação parcial de óleos vegetais, realizada em tanques herméticos, onde é feita a mistura do óleo com hidrogênio e um catalisador, geralmente níquel finamente dividido a temperaturas superiores a 180°C, com pressões entre 0,5 a 4 atm (Ribeiro *et al.*, 2007).

A hidrogenação completa é evitada, pois tornará o produto rígido e quebradiço. A hidrogenação é realizada até que sua consistência se torne semi-sólida. O processo converte ligações duplas em ligações simples, porém algumas ligações são transformadas em *trans*.

O exemplo de um produto dessa hidrogenação é a margarina, um produto muito consumido na alimentação. Mas qual a real necessidade de uma hidrogenação visto que implica em custos do processo e do produto final?

Uma vantagem comercial da hidrogenação parcial é o aumento da durabilidade da gordura. Quando a gordura é exposta ao oxigênio do ar, as ligações duplas sofrem oxidação produzindo aldeído e ácido carboxílico de menor cadeia hidrocarbônica. O processo de hidrogenação aumenta a estabilidade e o prazo de validade do produto final. Mas tem-se uma desvantagem, as gorduras *trans* também formadas nesse processo estão associadas ao aumento de riscos de doenças cardiovasculares.

Segundo a regulamentação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o produto que possuir até 0,2g de gordura *trans* em uma porção de 100g ou 100 mL poderá atribuir no rótulo que é um produto com 0% de gordura *trans*.

### 1.3 PROBLEMAS AMBIENTAIS

Muitos desses lipídios são consumidos diariamente na alimentação humana, como exemplo tem-se azeite de oliva, óleo de soja, óleo de girassol, manteigas e a banha de porco que são muito utilizados para preparo das refeições.

Segundo as estatísticas da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) a produção brasileira de óleo de soja e o seu consumo doméstico vêm aumentando anualmente (Tabela 3).

**Tabela 3:** Demonstração dos valores em toneladas de óleo de soja no Brasil. **Fonte:** ABIOVE, 2015.

Óleo	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Estoque inicial	365	261	388	358	311	361	391	314	288	328
Produção	5429	6045	6267	5896	6928	7340	7013	7075	7443	8000
Importação	25	84	27	27	16	0	1	5	0	50
Consumo doméstico	3198	3617	4102	4454	5404	5528	5528	5723	6109	6550
Estoque final	261	388	358	311	361	391	314	288	328	278

Pode-se verificar que em 2015 cerca de 82% do óleo de soja produzido foi destinado para o consumo doméstico.

O óleo de soja é um dos mais utilizados diariamente para o preparo de refeições e seu descarte inadequado após o consumo, como o despejo em ralos e pias, causa danos ambientais. Quando o óleo é descartado dessa maneira seu destino são as redes de esgoto, isso acarreta um aumento nos gastos para o tratamento dos resíduos e caso sua retirada não seja 100% eficaz, o restante do óleo não tratado se destina aos rios e oceanos. Quando ocorre a contaminação de óleos vegetais em rios e oceanos, pelo simples fato do óleo ser menos denso que a água ele permanece na superfície o que dificulta a entrada de luz e a oxigenação da água comprometendo a base da cadeia alimentar aquática (microalgas e fitoplânctons), gerando um desequilíbrio ambiental. Outro problema gerado por essa contaminação é a produção de gás metano, as bactérias anaeróbicas decompõem o óleo e essa decomposição emite grandes quantidades de metano. O metano é extremamente poluente, pois retém a radiação solar (Lopes, 2009; Oliveira, 2010).

Caso esse descarte aconteça diretamente ao solo, a não solubilidade do óleo vegetal em água gera uma impermeabilização no solo impedindo a infiltração de água e contribuindo para as enchentes.

### 1.3.1 Reaproveitamento dos óleos vegetais residuais

Uma ótima alternativa para impedir a contaminação ambiental é o reaproveitamento desses óleos residuais. Esse reaproveitamento pode ser feito através da transformação dos óleos em outro produto de grande utilização como, por exemplo, o biodiesel e o sabão.

No Brasil, parte do óleo vegetal residual é reaproveitada na fabricação de sabão, e pouquíssima quantidade é usada para produção de biodiesel (NETO *et al.*, 2000).

Segundo as estatísticas da ABIOVE (Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais), a utilização de óleo residual na produção de biodiesel é insignificante (Tabela 4).

**Tabela 4:** Quantidade das matérias primas utilizadas para a produção de biodiesel. **Fonte:** ABIOVE, 2015.

#### Produção de biodiesel por matéria-prima (m³)

Matéria-prima	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Óleo de soja	801.320	1.250.577	1.960.822	2.152.298	2.041.667	2.142.990	2.551.813	2.050.466
Gorduras animais	206.966	258.035	330.574	367.578	481.231	611.215	731.935	494.403
Óleo de algodão	18.353	59.631	57.458	84.711	123.247	65.960	81.666	31.553
Óleo de fritura usado	0	0	4.751	13.044	17.827	30.667	25.949	11.359
Outras	140.489	40.206	32.835	55.130	53.511	66.664	28.475	28.745
<b>Total</b>	<b>1.167.128</b>	<b>1.608.448</b>	<b>2.386.438</b>	<b>2.672.760</b>	<b>2.718.954</b>	<b>2.917.495</b>	<b>3.419.838</b>	<b>2.616.527</b>

Fonte/Elaboração: ANP/ABIOVE - Coordenadoria de Economia e Estatística

#### Produção de biodiesel por matéria-prima (%)

Matéria-prima	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Óleo de soja	69%	78%	82%	81%	75%	73%	75%	78%
Gorduras animais	18%	16%	14%	14%	18%	21%	21%	19%
Óleo de algodão	2%	4%	2%	3%	5%	2%	2%	1%
Óleo de fritura usado	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	0%
Outras	12%	2%	1%	2%	2%	2%	1%	1%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte/Elaboração: ANP/ABIOVE - Coordenadoria de Economia e Estatística

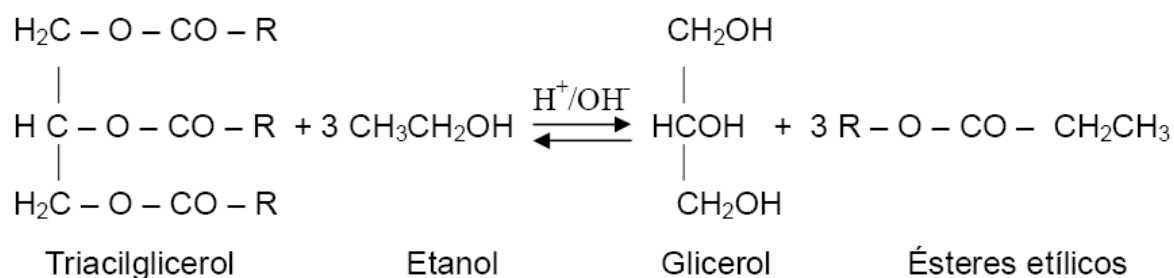
Nota: Dados disponíveis até agosto de 2015.

#### 1.3.1.1 Biodiesel

Biodiesel é definido como uma mistura de mono-alquil ésteres de ácidos graxos, obtida a partir de óleos vegetais e/ou gorduras animais e por isso pode ser considerado um combustível alternativo de fonte renovável. Além disso, é biodegradável e não tóxico (Fiscarelli, 2010).



O biodiesel é obtido através de uma reação de transesterificação, na qual ocorre a reação de triacilgliceróis (triéster) com um álcool primário (industrialmente utiliza-se o metanol) na presença de um catalisador enzimático, ácido ou básico, produzindo glicerol e três moléculas de ésteres alquílicos (Ferrari, 2004). A Figura 6 ilustra a reação global.



**Figura 6:** Reação de transesterificação com etanol. **Fonte:** Christoff, 2006.

Pelo fato de se tratar de uma reação reversível, é necessária a utilização de álcool em excesso para que o equilíbrio seja deslocado para a direita. Através dos cálculos estequiométricos a proporção molar para reação seria de 3:1 (álcool:triacilglicerol), mas na prática a proporção usada é maior.

Quanto ao catalisador, tem-se a preferência por catalisadores básicos, normalmente hidróxido de potássio (KOH) e hidróxido de sódio (NaOH), por tornarem as reações mais rápidas do que quando utilizando catalisadores ácidos (Christoff, 2006).

Além do tipo de catálise a ser escolhida, para a rota sintética deverá ser escolhido o álcool a ser utilizado. O etanol e o metanol são os mais utilizados para essa reação, porém cada um possui suas vantagens e desvantagens.

O metanol possui como vantagens: menor teor de água em sua composição, maior produtividade e maior velocidade reacional. Mas como desvantagem ele possui uma alta toxicidade (Fiscarelli, 2010).

Teoricamente existe preferência para utilização do etanol em algumas reações devido a sua baixa toxicidade quando comparado ao metanol, porém tem-se como desvantagem o alto teor de água em sua composição e sua baixa reatividade.

Uma vantagem do biodiesel em relação ao diesel, é que este último é originado do petróleo o que torna um combustível de fonte não renovável e gera uma poluição

ambiental maior. O diesel emite compostos contendo enxofre enquanto o biodiesel não.

### 1.3.1.2 Sabão

Outra forma de evitar o descarte inadequado e reaproveitar o óleo residual é a produção de sabão, que é um produto muito utilizado no dia a dia doméstico para limpezas em geral.

O sabão é formado através de uma hidrólise alcalina (saponificação), a saponificação ocorre reagindo o triacilglicerol com uma solução de hidróxido de sódio ou de potássio produzindo sabão e álcool (Figura 7) (McMurry, 2012).



**Figura 7:** Reação de saponificação. **Fonte:** Christoff, 2006.

Essa questão ambiental é uma temática de grande importância que pode ser trabalhada na escola, onde pode ser transmitido para o aluno a importância de um descarte adequado, as consequências de um descarte inadequado e as possíveis soluções de reciclagem e/ou reaproveitamento. Esse assunto pode ser utilizado para transmitir e ensinar não só os conteúdos de química, mas como de outras disciplinas como, por exemplo, biologia e física.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. OBJETIVOS GERAIS**

O objetivo geral desse projeto é a criação de uma plataforma virtual de ensino, onde serão abordados os conteúdos do currículo mínimo de química utilizado no ensino médio, fazendo dessa plataforma uma ferramenta para o ensino de química.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desenvolver uma plataforma virtual educacional;
- Utilizar os lipídios como tema contextualizador;
- Desenvolver experimentos de produção de biodiesel, produção de sabão e diferença de acidez do óleo virgem e residual utilizando etanol;
- Utilizar o óleo residual e etanol nos experimentos;
- Criar textos e vídeos para alimentar o site.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. ANÁLISE DO CURRÍCULO MÍNIMO DO ENSINO MÉDIO

Primeiramente foi analisado o currículo mínimo do ensino médio exigido pela secretaria de educação do estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de conhecer os conteúdos exigidos e abordados em sala de aula. Conhecer esses conteúdos abordados é de extrema importância, pois assim seria possível a escolha de um tema que pudesse ser trabalhado diversos conteúdos de química.

Os conteúdos exigidos pelo currículo mínimo são:

- I) Para o 1º ano do ensino médio:
  - Fenômenos químicos
  - Leis Ponderais das Transformações Químicas e Teoria Atômica de Dalton
  - Linguagem Química: Símbolos, Fórmulas e Equações
  - A Natureza Elétrica da Matéria e a Evolução Histórica dos Modelos Atômicos
  - Radioatividade
  - Classificação Periódica dos Elementos
  - Ligações Químicas
- II) Para o 2º ano do ensino médio:
  - Funções Inorgânicas
  - Reações Químicas
  - Funções Orgânicas
  - Reações Químicas
  - A Grandeza Mol e a Constante de Avogadro
  - Cálculos Estequiométricos
  - Soluções
- III) Para o 3º ano do ensino médio:
  - Termoquímica
  - Eletroquímica

- Cinética Química
- Equilíbrio Químico

### **3.1.1. Escolha dos conteúdos a serem abordados**

Para a realização desse trabalho, os conteúdos selecionados foram: estequiometria, interações intermoleculares, isomeria, pH, funções orgânicas, nomenclatura e reações orgânicas. Os textos, experimentos e vídeos da plataforma foram elaborados com o objetivo de discutir os conceitos relacionados a esses cinco tópicos.

## **3.2. ESCOLHA DOS EXPERIMENTOS**

Os experimentos foram escolhidos e pensados de forma a contribuir para a formação dos alunos abordando os conteúdos necessários. Os experimentos foram otimizados em laboratório visando adaptá-los o máximo possível para o ambiente escolar. Procurou-se utilizar reagentes de fácil acesso, que oferecessem uma maior segurança e que não fossem tóxicos.

### **3.2.1. Produção de biodiesel a partir do óleo de soja**

Primeiramente a produção de biodiesel foi realizada a partir de óleo de soja virgem para que fosse ajustada a condição de reação. Usou-se como base as metodologias de Ferrari (2005) e Ficarelli (2010), fazendo devidas adaptações de acordo com os equipamentos disponíveis.

#### **3.2.1.1. Óleo de soja virgem**

A reação de transesterificação do óleo de soja virgem foi testada usando aquecimento convencional (banho de óleo em placa de aquecimento) e radiação micro-ondas. A reação foi realizada com metanol e etanol. O forno de micro-ondas utilizado foi o modelo MEF28 da Eletrolux de potência 1140W e frequência 2450 MHz.



**Figura 8:** Forno micro-ondas utilizado nas reações.

O metanol é o álcool usado na produção industrial de biodiesel. Entretanto, o seu uso para experimentos no ensino médio torna-se desaconselhável em virtude de sua periculosidade. Por isso utilizou-se etanol nesse trabalho, etanol P.A e etanol combustível, adquirido em posto de abastecimento de combustível.

Para todas as reações utilizou-se 100 mL de óleo de soja virgem e a ele foi adicionada uma solução de NaOH no álcool de trabalho. As quantidades de álcool, NaOH e tempo variam de acordo com as Tabelas 5 e 6 abaixo.

**Tabela 5:** Condições da transesterificação do óleo de soja virgem usando a metodologia tradicional com temperatura de 50°C.

Álcool	Tempo	NaOH (g)	Volume de álcool (mL)
Metanol	40 min	1,5	35
Etanol combustível	50 min	0,5	50

Para as reações utilizando a metodologia tradicional, o meio de reação foi mantido sob aquecimento e agitação magnética constante.

**Tabela 6:** Condições da transesterificação do óleo de soja virgem usando aquecimento por micro-ondas por 10 segundos em potência máxima.

Álcool	NaOH (g)	Volume de álcool (mL)
Metanol	1,5	35
Etanol P.A	0,5	50
Etanol combustível	0,5	50

Ao fim de cada reação foram adicionados 20 g de glicerina para que o processo de separação de fases fosse acelerado. A solução foi transferida para um funil de separação e logo observou-se a separação em 2 fases (Figura 9). A fase superior corresponde ao biodiesel e a fase inferior contém a glicerina de formação, a glicerina adicionada, excesso de álcool e NaOH.



**Figura 9:** Separação das fases de biodiesel e glicerina após a reação.

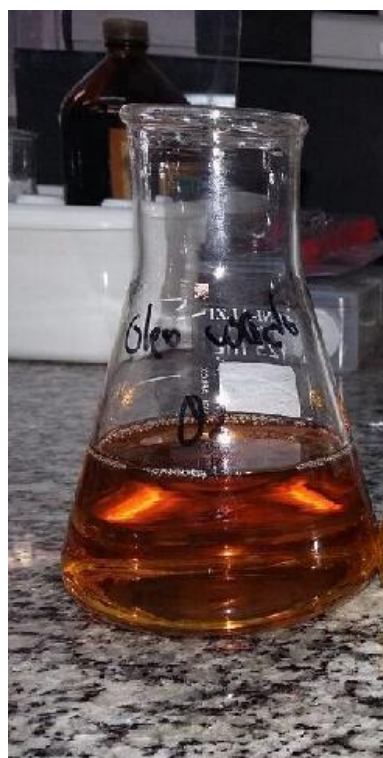
### 3.2.1.2. Óleo de soja residual

A metodologia foi a mesma utilizada para a produção de biodiesel com o óleo virgem. Porém, a temperatura foi alterada e o óleo precisou passar por um tratamento antes da reação. O óleo residual foi filtrado com o auxílio de um funil e de

algodão (Figura 10) para retirar resíduos de alimentos. Após a filtração, foi aquecido para retirar água presente.



**Figura 10:** Óleo residual sendo filtrado.



**Figura 11:** Óleo residual após a filtração.



Após o tratamento, para todas as reações utilizou-se 100 mL de óleo de soja residual, e a solução alcoólica de NaOH (Tabela 7, 8 e 9). Para as reações envolvendo a metodologia tradicional, o óleo foi aquecido antes de ser adicionado à solução alcoólica, mantida sob aquecimento e agitação magnética durante toda a reação.

**Tabela 7:** Condições da transesterificação do óleo de soja residual usando a metodologia tradicional em temperatura de 60°C.

Álcool	Tempo	NaOH (g)	Volume de álcool (mL)
Metanol	40 min	1,5	35
Etanol P.A	50 min	0,5	50
Etanol combustível	50 min	0,5	50

**Tabela 8:** Condições da transesterificação do óleo de soja residual usando aquecimento por micro-ondas, por 10 segundos em potência máxima.

Álcool	NaOH (g)	Volume de álcool (mL)
Metanol	1,5	35
Etanol P.A	0,5	50
Etanol combustível	0,5	50

Para a metodologia utilizando a radiação micro-ondas foram feitas algumas variações do tempo com o objetivo de alcançar a melhor conversão. As quantidades de reagente e a potência do forno de micro-ondas foram mantidas.

**Tabela 9:** Variações no tempo da reação de transesterificação do óleo de soja residual e etanol combustível utilizando aquecimento por micro-ondas

Óleo residual + Etanol combustível	Tempo
Metodologia 1	10 s + agitação manual + 10 s
Metodologia 2	20 s + agitação manual + 20 s
Metodologia 3	40 s

Ao fim de cada reação foram adicionados 20 g de glicerina para que o processo de separação de fases fosse acelerado. A solução foi transferida para um funil de separação e logo observou-se a separação em 2 fases (Figura 12). A fase superior

corresponde ao biodiesel e a fase inferior contém a glicerina de formação, a glicerina adicionada, excesso de etanol e NaOH.



**Figura 12:** Separação das fases de biodiesel e glicerina após a reação utilizando óleo residual.

#### 3.2.1.3. Separação das fases e purificação

Após as reações e a retirada da glicerina (fase inferior), algumas lavagens foram realizadas no biodiesel para retirar traços de NaOH, álcool e emulsão.

A purificação foi realizada em 5 etapas:

- I. 1 lavagem com uma solução aquosa de HCl 5%(v/v)
- II. 2 lavagens com uma solução saturada de NaCl
- III. 1 lavagem com água destilada
- IV. Secagem utilizando sulfato de sódio anidro

## V. Filtração para separar o sulfato de sódio anidro do biodiesel

Em algumas etapas foi necessário deixar a separação das fases ocorrer por 24 horas, pois ocorre a formação de emulsão.



**Figura 13:** Biodiesel após a lavagem

Após a purificação, todas as amostras foram analisadas por Ressonância Magnética Nuclear (RMN  $^1\text{H}$ ) a fim de avaliar a conversão em biodiesel.

### 3.2.2. Produção de sabão

#### 3.2.2.1. Sabão em barra a partir de óleo residual

O óleo residual foi tratado, sendo primeiramente filtrado com o auxílio de um funil e algodão para retirar resíduos de alimentos. Em seguida, o óleo filtrado foi aquecido para retirar o excesso de água presente.

Em um bequer de plástico foi dissolvido 25 g de NaOH em 50 mL de água. Em outro bequer foi preparada uma solução contendo 100 mL de óleo residual devidamente tratado e 50 mL de etanol proveniente de posto de combustível. As duas soluções

foram misturadas e mantidas sob agitação manual até obter uma mistura consistente (aproximadamente 15 minutos). A mistura foi transferida para uma placa de petri para sua total solidificação (Figura 14).



**Figura 14:** Sabão em barra.

#### 3.2.2.2. Sabão líquido a partir de óleo residual

O óleo residual foi tratado conforme descrito anteriormente.

Em um bequer de plástico foi dissolvido 25 g de NaOH em 50 mL de água. Em outro bequer foi preparada uma solução contendo 100 mL de óleo residual devidamente tratado e 50 mL de etanol proveniente de posto de combustível. As duas soluções foram misturadas e mantidas sob agitação manual até obter uma mistura consistente (aproximadamente 15 minutos). A essa mistura consistente foram adicionados 2 litros de água quente para o preparo do sabão líquido.

A mesma metodologia foi testada também usando 15 g e 20 g de NaOH.

#### 3.2.3. Determinação de acidez de óleo de soja virgem e óleo de soja residual

A técnica de titulação com base foi utilizada para determinar a diferença de acidez entre o óleo de soja virgem e o residual (Silva *et al*, 2012).

Uma solução de NaOH 0,01mol/L foi preparada. Essa solução foi transferida para uma bureta e foi utilizada para titular uma solução contendo 7 g de óleo (virgem ou residual) solubilizado em 75 mL de etanol proveniente de posto de combustível.

Como indicador foi utilizada solução de fenolftaleína 1%. A titulação foi realizada em duplicata.

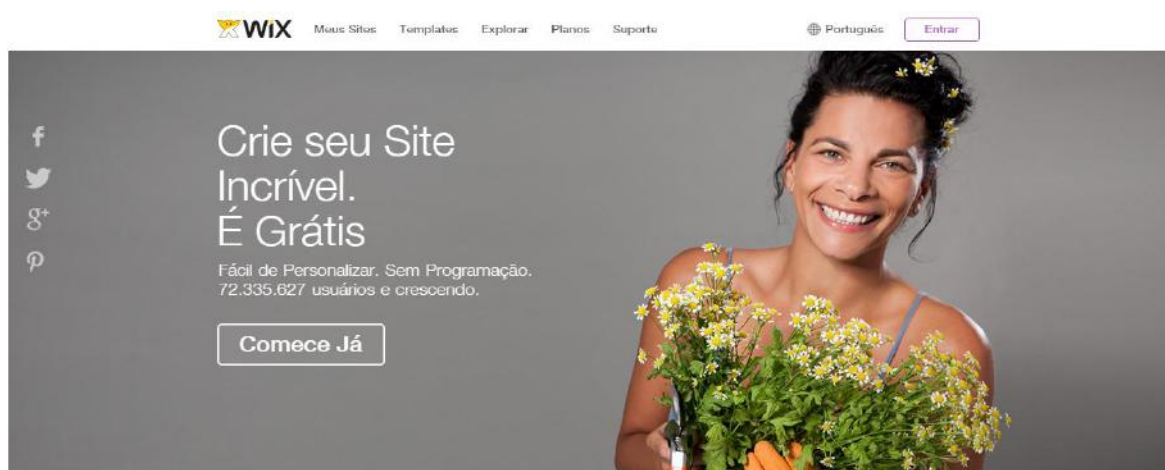
### 3.3 MULTIMÍDIA

Como proposto no trabalho, um ambiente virtual foi criado para expor vídeos dos experimentos e textos de embasamento teórico para esses vídeos.

#### 3.3.1 A criação da plataforma virtual

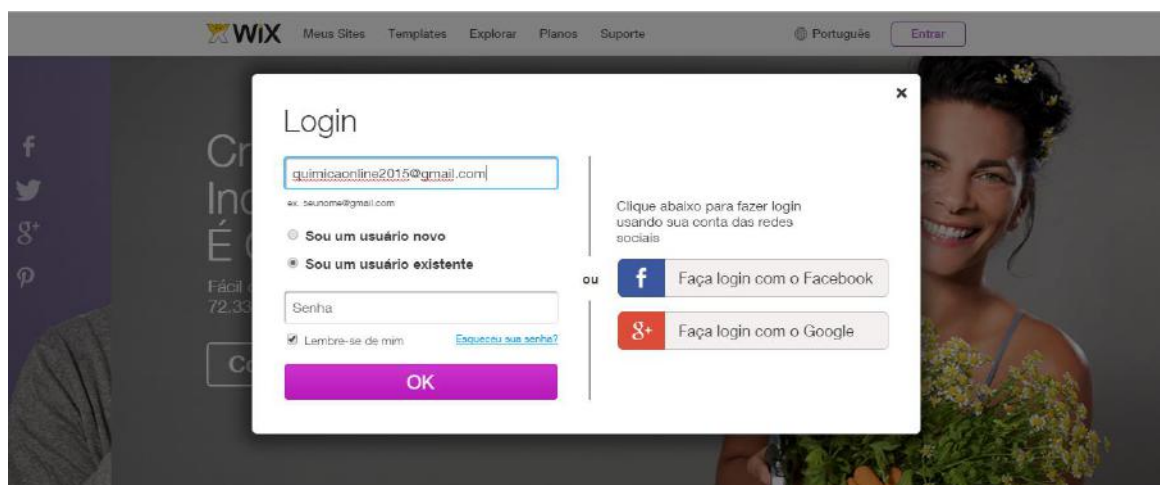
Inicialmente foi criado um e-mail tanto para servir de contato para possíveis usuários como para o cadastro do site.

A plataforma escolhida para a criação do site foi a [www.wix.com](http://www.wix.com) (Figura 15), mas poderia ser qualquer outra com o mesmo propósito.



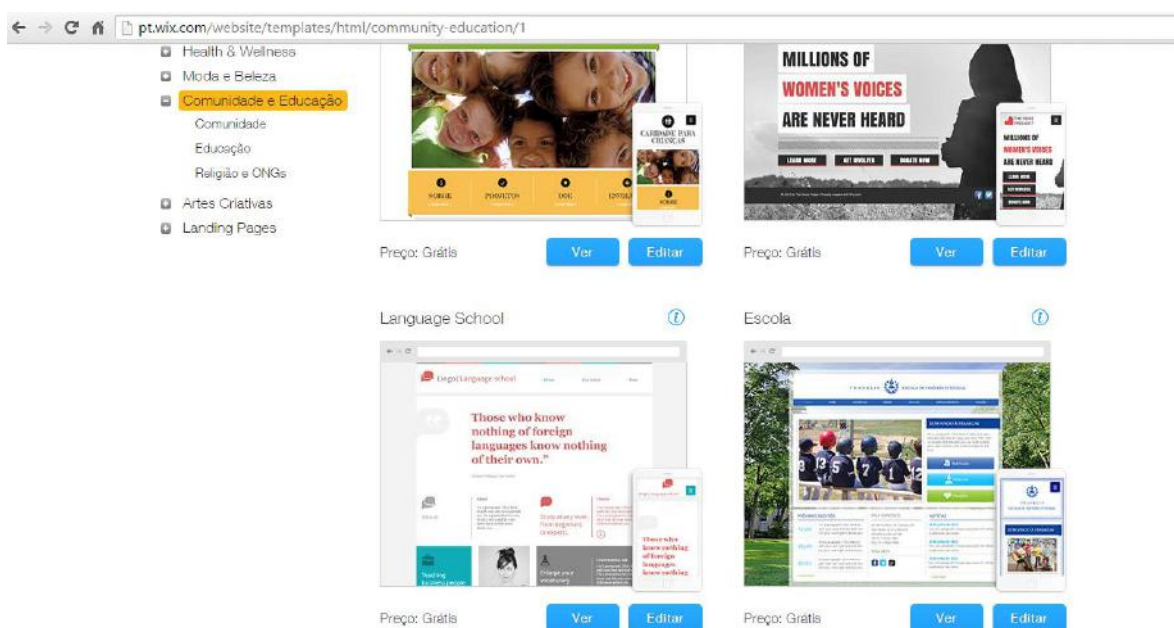
**Figura 15:** Plataforma utilizada para criar o site de ensino.

Clicando em “Comece Já”, abriu-se uma janela para que fosse adicionado o e-mail utilizado para login e a criação de uma senha (Figura 16).



**Figura 16:** Criação da conta na plataforma Wix.

A plataforma possui alguns temas e formatos como sugestão para a escolha do layout do site. Após a escolha por “Comunidade e Educação”, o layout a ser escolhido foi “Escola” (Figura 17).



**Figura 17:** Escolha do layout do site.

A plataforma já nos apresenta um site fictício pronto (Figura 18). Cada usuário deve fazer as modificações necessárias com o conteúdo de seu projeto.





**Figura 18:** Site fictício apresentado pela plataforma Wix.

Foram realizadas modificações como por exemplo: nome, cores, plano de fundo, adição de fotos e vídeos, criação de um novo menu, entre outras opções disponíveis. Ao clicar no botão com o símbolo + as opções possíveis foram disponibilizadas (Figura 19).



**Figura 19:** Botão para possíveis modificações no site.

Após pequenas modificações em seu layout e a criação do endereço <http://quimicaonline2015.wix.com/ensino> já foi possível que qualquer usuário online tenha acesso ao site (Figura 20).



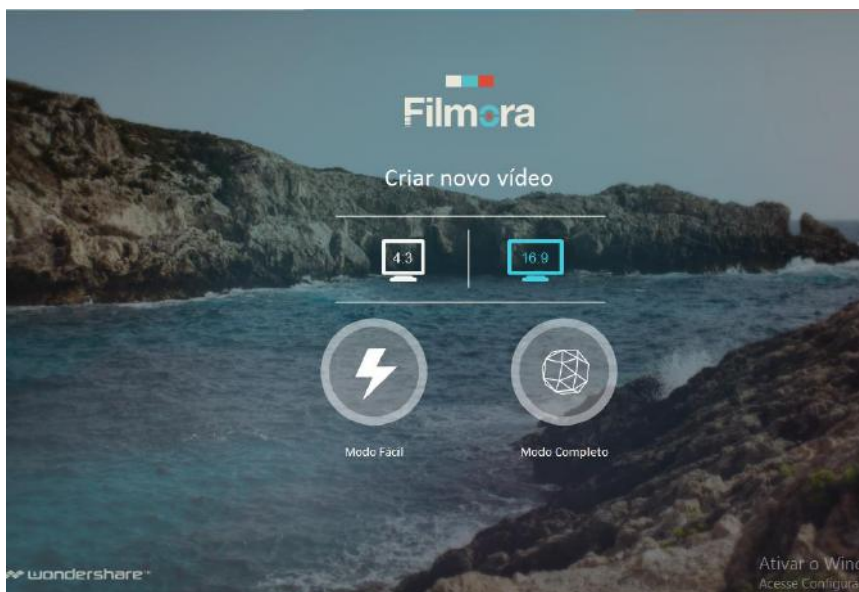
**Figura 20:** Site de ensino após pequenas modificações.

### 3.3.2. Gravação dos vídeos

Os vídeos foram gravados no Laboratório de Estudos para o Meio Ambiente e Energia (LEMAE) situado no Polo de Xistoquímica “Prof. Claudio Costa Neto” da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), utilizando o aparelho de celular Moto G 3ª geração em HD. Foram gravados quatro vídeos e os temas abordados foram: segurança no laboratório e apresentação de vidrarias, produção de biodiesel, micro-ondas e saponificação.

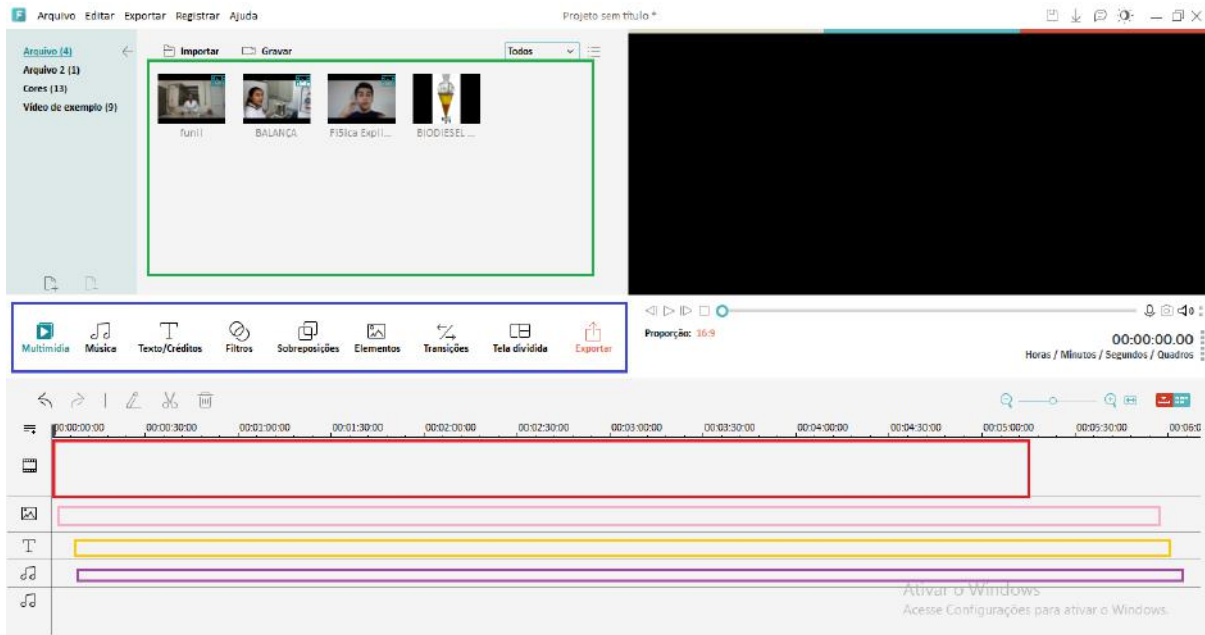
As edições dos vídeos foram realizadas através do programa de edição Wondershare Filmora (Figura 21). Ao abrir o programa, tem-se a opção de duas formas de edição, uma mais completa e um modo mais fácil, porém com menos recurso. Para este trabalho foi utilizado o modo completo.





**Figura 21:** Página inicial do programa de edição Wondershare Filmora.

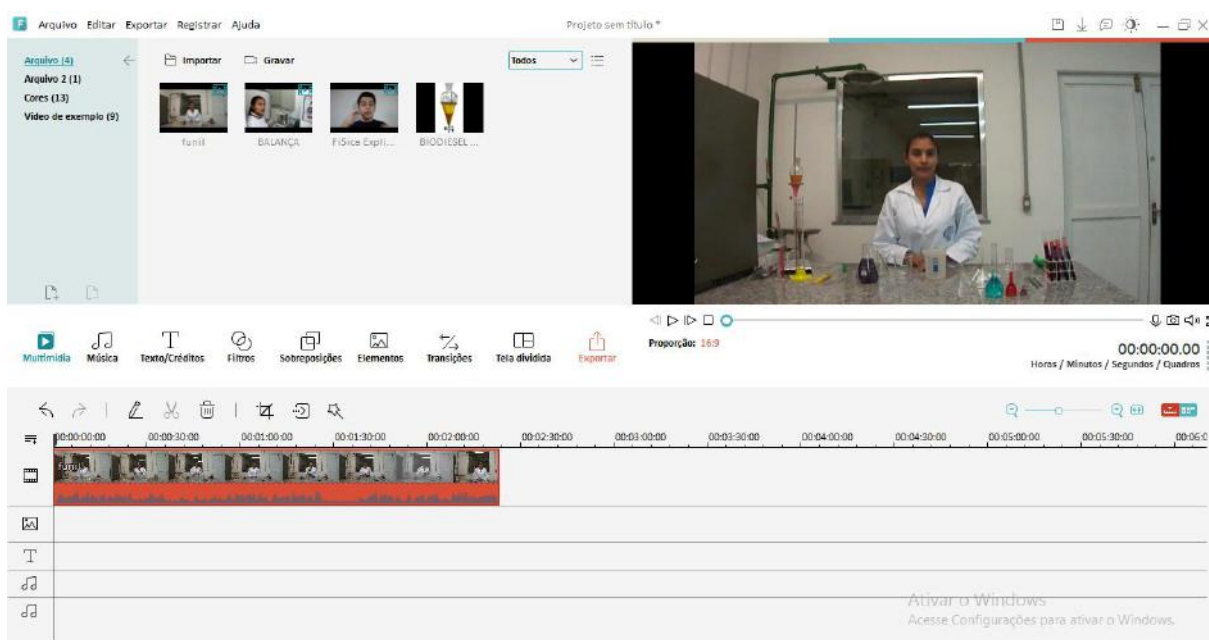
Ao selecionar o modo completo, tem-se a visão da Figura 22. Os arquivos necessários para a edição devem ser importados do computador para o programa e ficam localizados na área destacada em verde.



**Figura 22:** Programa de edição Wondershare Filmora.

Após importar vídeos, fotos e áudios necessários colocou-se o vídeo na área de edição. Arrastou-se o vídeo desejado da área verde mencionada anteriormente até a área destacada em vermelho. A área azul possui as opções para adicionar diversos

recursos, que devem ser adicionados em seu local pré-selecionado pelo programa: fotos (área rosa), músicas (área roxa), textos (área laranja).



**Figura 23:** Programa de edição Wondershare Filmora após colocar o vídeo na área de edição.

Quando adicionou-se o vídeo na área de edição, o mesmo apareceu no lado direito da tela, onde anteriormente estava apenas um retângulo preto.

O programa permite cortar trechos indesejados do vídeo, unir um vídeo ao outro, retirar o som original e adicionar outro, dentre outros recursos. Ao terminar a edição, deve-se clicar em “exportar” e selecionar o formato desejado, WMV, MP4 ou AVI. Os vídeos editados neste trabalho foram salvos no formato MP4.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa sessão serão apresentados os resultados da análise do currículo mínimo adotado no ensino médio, a discussão a cerca da seleção do tema para contextualização dos conteúdos e da seleção dos experimentos; e os resultados dos experimentos propostos no presente trabalho.

### 4.1. ANÁLISE DO CURRÍCULO MÍNIMO

Pode-se observar que o currículo mínimo exigido pelo Ministério da Educação é extenso e conteudista. Muitos conteúdos não são vistos facilmente pelos alunos como algo de sua rotina e cotidiano e o tamanho de sua importância, por exemplo, reações químicas, cálculos estequiométricos, evolução atômica, ligação química, dentre outros.

Diante das dificuldades encontradas, cabe ao professor elaborar novas rotas e estratégias com a tentativa de melhorar o ensino. Uma alternativa interessante é relacionar o tema abordado com atividades do cotidiano do aluno.

#### 4.1.1. Escolha dos lipídios como tema do trabalho

Com base na análise dos conteúdos do currículo mínimo, os lipídios, mais especificamente os óleos vegetais, foram escolhidos como tema deste trabalho. É um assunto que permite a contextualização de uma diversidade de conteúdos que devem ser discutidos no âmbito escolar, além de uma ótima interdisciplinaridade com conteúdo de química, física e biologia. Os óleos vegetais fazem parte do dia a dia dos alunos, são facilmente acessíveis e possuem baixo custo. Isso é importante uma vez que a intenção do projeto foi trabalhar com óleo vegetal residual.

Outro fator crucial para utilizar o óleo residual neste trabalho é poder trabalhar com os estudantes a conscientização ambiental. O ensino ambiental é de extrema importância uma vez que o descarte indevido de óleo em pias e ralos causa grandes danos aos rios, mares, solos e animais do planeta.

Alguns conteúdos de química que foram abordados com base nos lipídios foram:

- Misturas homogêneas e heterogêneas
- Interações intermoleculares
- Funções orgânicas

- Reações químicas
- Cálculos Estequiométricos
- Soluções
- Educação ambiental

Os textos elaborados para ensino desses conteúdos usando o tema óleos vegetais para contextualização estão disponíveis no site e se encontram no site.

#### 4.1.2. Escolha dos experimentos

Os experimentos também foram escolhidos para contextualizar os conteúdos anteriormente selecionados. Segue a correlação empregada entre os conteúdos e os experimentos.

- I) Transesterificação do óleo de soja - produção de biodiesel
  - Misturas homogêneas e heterogêneas: separação das fases do biodiesel e glicerina;
  - Interações intermoleculares: diferença de estado físico dos óleos vegetais e gorduras animais;
  - Funções orgânicas: éster e álcool;
  - Reações químicas: transesterificação;
  - Cálculos Estequiométricos: cálculo da quantidade dos reagentes necessários;
  - Soluções: preparo da solução alcoólica de NaOH.
- II) Produção de sabão
  - Funções orgânicas: ácido carboxílico e álcool;
  - Reações químicas: hidrólise de éster e reação ácido-base;
  - Cálculos Estequiométricos: cálculo da quantidade dos reagentes necessários;
  - Soluções: preparo da solução aquosa de NaOH.
- III) Diferença de acidez entre o óleo de soja virgem e o residual

- pH: titulação;
- Soluções: preparo da solução aquosa de NaOH 0,01 mol/L e fenolftaleína 1%

## 4.2. MULTIMÍDIA

A plataforma para construção do site é de fácil e manipulação para sua criação, mesmo quando utilizado por pessoas leigas a este processo.

### 4.2.1. Vídeos dos experimentos

Vídeos foram gravados para alimentar a plataforma virtual. Foram gravados 4 vídeos. O primeiro explicando a importância da segurança dentro do laboratório e a apresentação das principais vidrarias utilizadas. Nos outros 3 vídeos foram gravados os experimentos de produção de biodiesel utilizando a metodologia tradicional, via micro-ondas e o preparo de sabão.

O intuito dessas gravações foi facilitar a visualização da química presente no cotidiano para aqueles que não possuem laboratórios nas escolas e consequentemente não podem realizar os experimentos em sala de aula.

Vídeo 1: segurança no laboratório e apresentação de vidrarias.

Neste vídeo foram apresentadas as normas de segurança exigidas para se trabalhar em um laboratório de química. As principais vidrarias foram apresentadas, explicando a função e uso de cada uma delas.

<http://quimicaonline2015.wixsite.com/ensino/copia-videos>

Vídeo 2: produção de biodiesel a partir de óleo de soja residual

Neste vídeo foi apresentada a definição de biodiesel e como produzi-lo a partir da reação de transesterificação.

Foram abordados os cuidados necessários ao manipular o hidróxido de sódio (NaOH), os cuidados e tratamentos do óleo de soja residual, a importância do catalisador e os motivos para não ser utilizado o metanol como reagente.

Todo procedimento da reação foi demonstrado.

<http://quimicaonline2015.wixsite.com/ensino/copia-seguranca-do-laboratorio>

Vídeo 3: uso de aparelho de micro-ondas e seu uso na produção de biodiesel

O foco deste vídeo foi mostrar o funcionamento do aparelho de micro-ondas e demonstrar a praticidade e vantagens ao utilizá-lo em reações. Para isso foi utilizado a reação de transesterificação do óleo de soja residual.

<http://quimicaonline2015.wixsite.com/ensino/copia-biodiese>

### Vídeo 4: produção de sabão

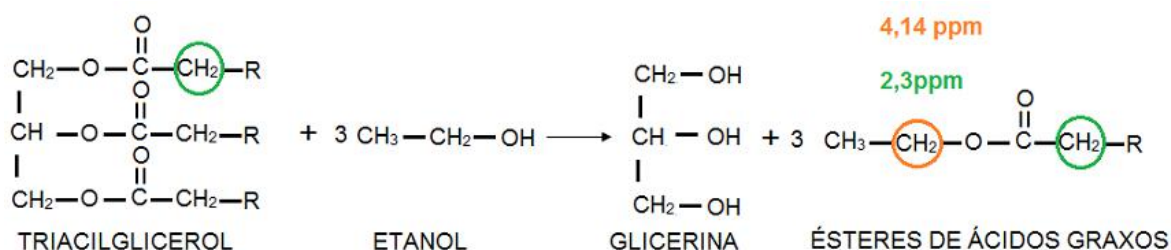
O foco deste vídeo foi a produção de sabão a partir de óleo de soja residual. No vídeo foi abordada a reação de saponificação e todo procedimento para produzir o sabão.

<http://quimicaonline2015.wixsite.com/ensino/copia-micro-ondas>

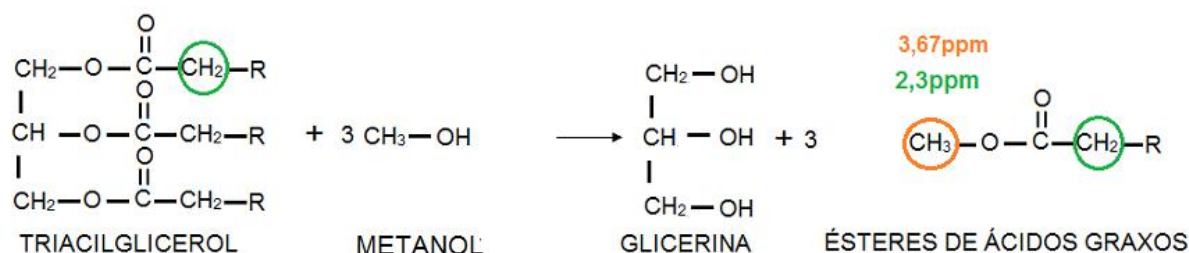
### 4.3. RESULTADO DOS EXPERIMENTOS

#### 4.3.1 Cálculo de conversão em biodiesel por RMN de $^1\text{H}$

A conversão dos ésteres metílicos e etílicos a partir da transesterificação de óleo vegetal foi calculada por Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN  $^1\text{H}$ ). O método é baseado na análise dos espectros de RMN (Anexo I) dos produtos de reação, a partir da proporção em área de sinais específicos (Figuras 24 e 25).

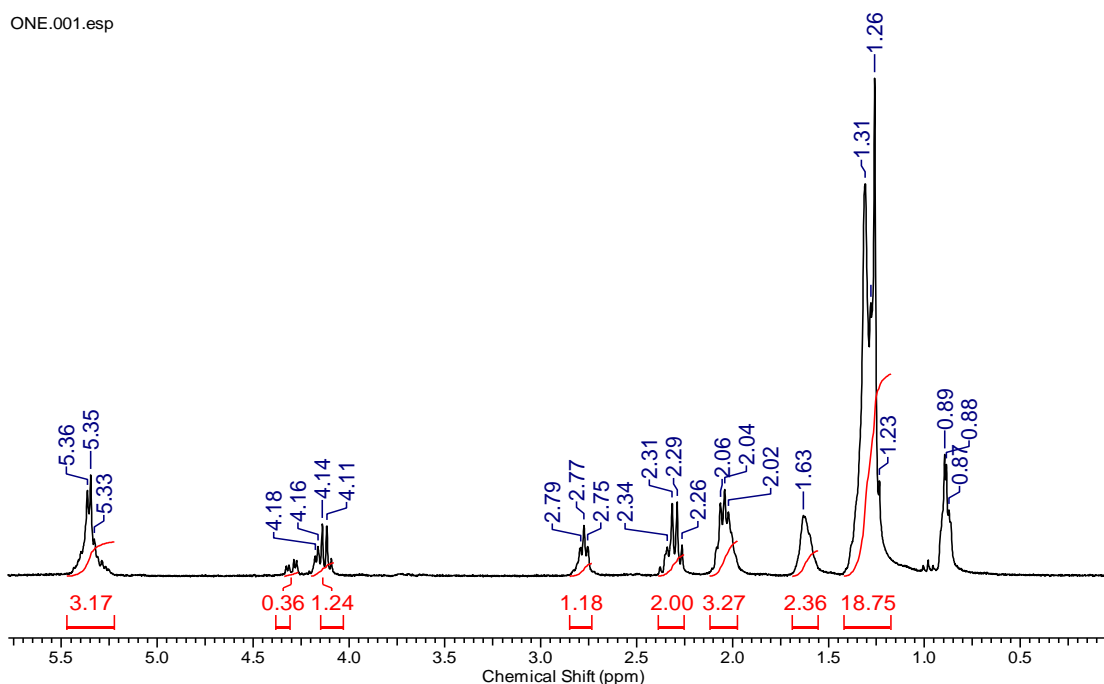


**Figura 24:** Representação dos sinais de RMN de  $^1\text{H}$  utilizados para o cálculo de conversão para reações realizadas com etanol.



**Figura 25.** Representação dos sinais de RMN de  $^1\text{H}$  utilizados para o cálculo de conversão para reações realizadas com metanol.

Nas figuras 26 e 27 são apresentados os espectros de RMN  $^1\text{H}$  do produto da reação de óleo de soja residual com etanol e metanol, respectivamente. O cálculo de conversão é apresentado abaixo de cada figura.



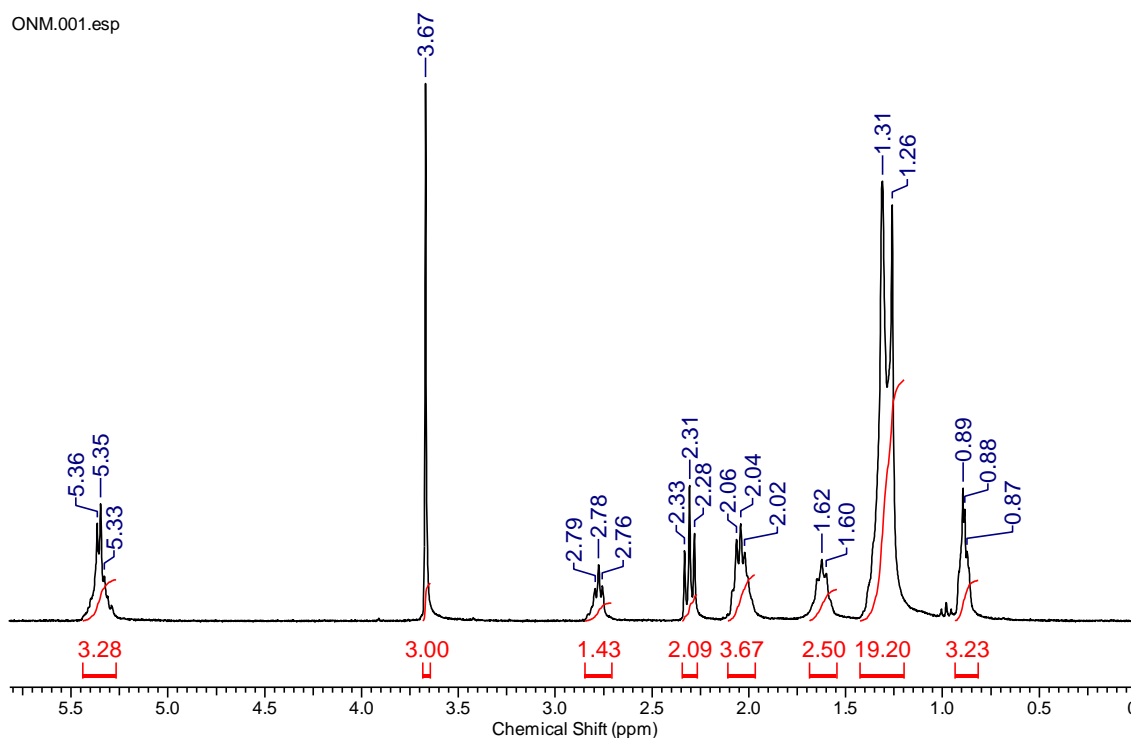
**Figura 26:** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  da amostra do biodiesel a partir do óleo de soja virgem e etanol combustível.

Utilizou-se o valor de integração do pico de 2,3 ppm referente ao  $\text{CH}_2$  alfa ( $\alpha$ ) a carbonila do triacilglicerol e do éster de ácido graxo como valor de 100%, e o valor de integração do pico 4,14 ppm referente ao  $\text{CH}_2$  da parte etoxi do éster como valor desconhecido X.

Cálculos de conversão em biodiesel etílico:

2,00 ---- 100%

1,24 ---- X                      X= 62% de conversão



**Figura 27:** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  da amostra do biodiesel a partir do óleo de soja virgem e metanol.

Utilizou-se o valor de integração do pico de 2,3 ppm referente ao  $\text{CH}_2$  alfa ( $\alpha$ ) a carbonila do triacilglicerol e do éster de ácido graxo dividido por 2 como valor de 100%, e o valor de integração do pico 3,67 ppm referente ao  $\text{CH}_3$  da parte metoxi do éster dividido por 3 como valor desconhecido X. Ao realizar a divisão da área obteve-se o valor da integração por hidrogênio.

Cálculos de conversão:

$$3,00 \div 3 = 1,00$$

$$2,09 \div 2 = 1,04$$

$$1,04 \text{ ---- } 100\%$$

$$1,00 \text{ ---- } X$$

X= 96% de conversão

A partir dos resultados apresentados na Tabela 10, pode-se observar que a metodologia tradicional é bastante eficiente quando utiliza-se metanol nas reações. A conversão diminui ao utilizar etanol P.A e etanol combustível, respectivamente.



**Tabela 10:** Conversão das reações utilizando a metodologia tradicional

Tipo de óleo/ álcool	Metanol	Etanol P.A	Etanol combustível
Óleo virgem	96%	-	62%
Óleo residual	96%	86%	53%

Essa diferença de conversão ocorre porque o metanol é mais reativo do que o etanol. Independentemente do catalisador ou das condições em que se realize a transesterificação, o metanol é sempre mais eficiente que o etanol. Para obter maior conversão com etanol é necessário um maior excesso de álcool, maior temperatura e maior tempo. Isso acarreta em maior custo de produção do biodiesel. O etanol favorece também a formação de emulsão no final da reação, dificultando uma boa separação da glicerina, o que encarece a etapa de purificação do biodiesel. Porém, deve destacar que não se deve utilizar o metanol nas reações realizadas em sala de aula, pois é uma substância muito tóxica e pode levar a cegueira. Os experimentos de transesterificação desde trabalho utilizando metanol são apenas para fins comparativos e para serem utilizados como ferramenta de discussão teórica em sala de aula. Pode-se observar também, a diferença de conversão quando comparado ao etanol combustível e etanol P.A. Uma suposição para essa diferença seria a interferência dos aditivos que estão presentes no etanol combustível para deixá-lo ideal para os motores dos automóveis.

Na Tabela 11 pode-se comparar as conversões das reações de transesterificação utilizando a radiação micro-ondas com duração de 10 segundos.

**Tabela 11:** Conversão das reações utilizando radiação micro-ondas

Tipo de óleo/ álcool	Etanol P.A	Etanol combustível	Metanol
Óleo virgem	93%	34%	76%
Óleo residual	81%	35%	88%

Como pode-se observar, os valores de conversão quando utilizou-se etanol combustível não foram satisfatórios. Para tentar melhorar esses resultados variou-se o tempo, como observado na Tabela 12.

**Tabela 12:** Conversão das reações utilizando óleo residual, etanol combustível em radiação micro-ondas com variação de tempo

Óleo residual + etanol combustível	Conversão
Metodologia 1- 10 segundos + agitação manual + 10 segundos	46%
Metodologia 2- 20 segundos + agitação manual + 20 segundos	36%
Metodologia 3- 40 segundos	36,5%

O melhor resultado encontrado foi na metodologia 1. Apesar da conversão não ter aumentado significativamente, o micro-ondas é vantajoso por ser um equipamento de fácil acesso, até mesmo quando comparado com a placa de aquecimento e agitação magnética utilizada na metodologia tradicional. Outra grande vantagem ao se utilizar o forno micro-ondas é a diminuição do tempo. A produção de biodiesel com aquecimento em banho de óleo utilizando 40/50 minutos contra aproximadamente 20 segundos gastos pelo forno micro-ondas.

Essa diminuição brusca no tempo é de grande importância para docentes que possuem o interesse em realizar reações em sala de aula, porém possui um tempo limitado para essas atividades.

#### 4.3.2 Produção do sabão

Após a reação de saponificação e o resfriamento do produto, obteve-se um sabão líquido com textura parecida com os detergentes comerciais. O sabão apresentou boa qualidade ao ser testado em limpeza de vidrarias do laboratório.

Esse experimento é muito interessante para ser apresentado em sala de aula. Nele pode-se discutir diversos assuntos como pH, reações químicas e conscientização ambiental. Além de ser um experimento de baixa periculosidade para os estudantes.

#### 4.3.3 Determinação da acidez do óleo de soja virgem e residual

Durante a titulação básica do óleo de soja, os volumes de solução de NaOH 0,01mol/L necessários para neutralizar os óleos foram anotados (Tabela 13). Pode-se observar que o óleo de soja virgem necessita de uma quantidade de solução

básica menor que o óleo de soja residual. Isso mostra que o óleo residual possui uma maior acidez quando comparado com o óleo de soja virgem.

**Tabela 13:** Resultado da titulação básica

-	Óleo virgem	Óleo Residual 1	Óleo Residual 2
Quantidade (g)	7,1245 g	7,3312 g	7,1078 g
Solução NaOH 0,01mol/L	10,8 mL	17,4 mL	16,5 mL

Durante o processo de fritura, o óleo de soja pode sofrer diversas reações químicas como hidrólise, oxidação e polimerização da molécula de triacilglicerol. Essas possíveis reações alteram a estrutura da molécula, onde geram ácidos graxos livres e conseqüentemente alteram o pH do óleo de soja.

## 5. CONCLUSÕES

As metodologias adotadas para as reações de transesterificação do óleo de soja residual podem ser realizadas com material de fácil acesso e baixo custo, sendo viáveis para demonstração nas salas de aula do ensino médio.

O micro-ondas mostrou-se um equipamento bastante eficiente para as reações de transesterificação do óleo de soja, podendo ser adaptado para outras reações. O seu uso tem como vantagens a rapidez com que as reações ocorrem, seu fácil acesso e manuseio.

A produção de sabão é eficiente, rápida e de baixa periculosidade podendo ser realizada pelos próprios alunos incentivando-os a reciclagem dos restos de óleos produzidos em casa para produção de um produto útil no seu dia a dia.

Os vídeos dos experimentos desse trabalho e o recurso de multimídia podem ser eficientes para as escolas que não possuem laboratórios, verba ou tempo para a realização dos experimentos propostos neste trabalho. Fazendo com que o aluno visualize a química de uma maneira mais prática e atraente quando comparado as metodologias que são utilizadas apenas livros e memorização de conteúdo.

## 6. PERSPECTIVAS

- Desenvolver mais textos contextualizando lipídios com os textos já criados;
- Continuar alimentando o site com vídeos e textos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABIOVE.** Disponível em : <http://www.abiove.org.br/site/index.php>. Acesso em 17 de Janeiro de 2016.

**ANVISA,** Resolução - RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: [http://www.abic.com.br/publique/media/CONS\\_leg\\_resolucao360-03.pdf](http://www.abic.com.br/publique/media/CONS_leg_resolucao360-03.pdf). Acesso em 18 de Janeiro de 2016.

BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M. ; FILHO, S. M. S. **Cibercultura em Ensino de Química:** Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos. *Química Nova na Escola*, v..33, n.2, p. 71-76, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação – MEC, secretaria de educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Ensino Médio – Parte I Bases Legais. Brasília: Ministério da Educação. 2002.

CHRISTOFF,P. **PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA COMERCIAL ESTUDO DE CASO: GUARATUBA, LITORAL PARANAENSE.** Dissertação de mestrado, Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento, Curitiba,2006.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos.** 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 1994.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. **BODIESEL DE SOJA – TAXA DE CONVERSÃO EM ÉSTERES ETÍLICOS, CARACTERIZAÇÃO FÍSICOQUÍMICA E CONSUMO EM GERADOR DE ENERGIA.** *Química Nova*, v.28, n.1, p. 19-23, 2005.

FISCARELLI,P.E. **Biodiesel na escola: uma ferramenta educacional para o planejamento energético.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

GUIMARÃES, C.C. **Experimentação no ensino de química: Caminhos e Descaminhos rumo à aprendizagem significativa.** *Química Nova na Escola*, v.31, n.3, p. 198-202, 2009.

LEHNINGER, . **Princípios de bioquímica.** 3ªed. SP,Brasil. Sarvier, 2002.

LIMA, J.F.L.; Pina, M.S.L.; Barbosa, R.M.N.; Jófili, Z.M.F. **A contextualização no ensino de cinética química.** *Química Nova na Escola*, v.11, n.11, p. 26-29, 2000.

LOPES, R. C.; Baldin, N. **Educação ambiental para a reutilização do óleo de cozinha na produção de sabão – projeto “ecolimpo”.** IX Congresso Nacional de Educação- EDUCERE, III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, Paraná, 2009.

MARTINS, C. C.; SANTOS, D. C.; SÁS, J. F. C.; ROSELLI, L. M.; MAROUBO, L. A.; BORSATO, N. G. M.; BORIM, P.; SILVA, I. G.; LANFREDI, S. **As contribuições do PIBID no processo de formação inicial de professores de química: A experimentação como ferramenta na apredizagem dos alunos do ensino médio.** *Química Nova na Escola*, v.36, n.4, p. 297-304, 2014.

MCMURRY, J. **Química Orgânica.** 7ªed. SP, Brasil: Cengage Learning, 2012.

MERÇON, F. **O que é uma gordura Trans?** *Química Nova na Escola*, v..32, n.2, p. 78-82, 2010.

NETO, P.R. C.; ROSSI, L.F.S.; ZAGONEL, G.F.; RAMOS, L.P., **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras.** *Química Nova*, 23(4), p. 531-537, 2000.

NEVES, A.P.; Guimarães, P.I.C.; Merçon, F. **Interpretação de rótulos de alimentos no ensino de química.** *Química Nova na Escola*, v.31, n.1, 2009.

OLIVEIRA, J. A. B.; AQUINO, K. A. S. **Óleo residual de frituras: impactos ambientais, educação e sustentabilidade no biodiesel e sabão.** X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Jopex 2010.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. **Teoria da aprendizagem significativa Segundo ausubel.** *Rev. PEC*, v.2, n.1, p.37-42, 2002.

RIBEIRO, A.P.B.; MOURA, J.M.L.N.; GRIMALDI, R. e GONÇALVES, L.A.G. **Interesterificação química: alternativa para obtenção de gorduras zero trans.** *Química Nova*, v. 30, n. 5, p. 1295-1300, 2007.

SILVA, J.L.; SILVA, C. M.; DOMINGOS, D. C. A. LEAL, P. G. L.; FILHO, E. B.; FIORUCCI, A. R. **A utilização de vídeos didáticos nas aulas de química do**

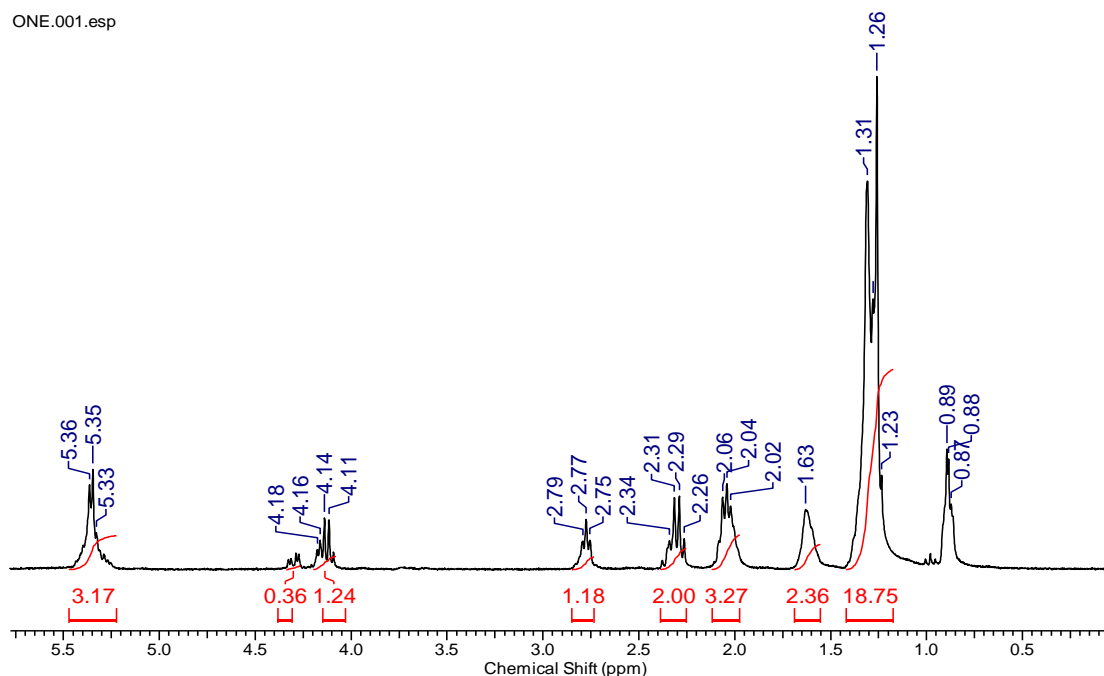
**ensino médio para abordagem histórica e contextualização do tema vidros.**

*Química Nova na Escola*, v.34, n.4, p.189-200, 2012.

SOLOMONS, T. W; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. 7ªed. RJ, Brasil : LTC Editora, 2002.

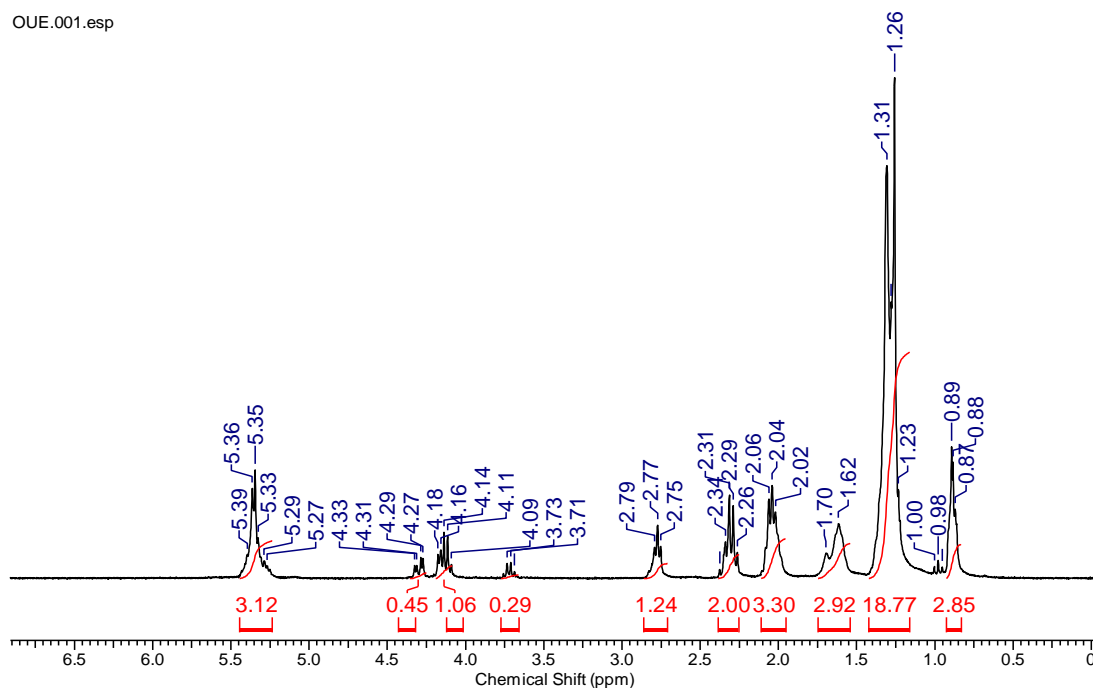
## ANEXOS

ONE.001.esp



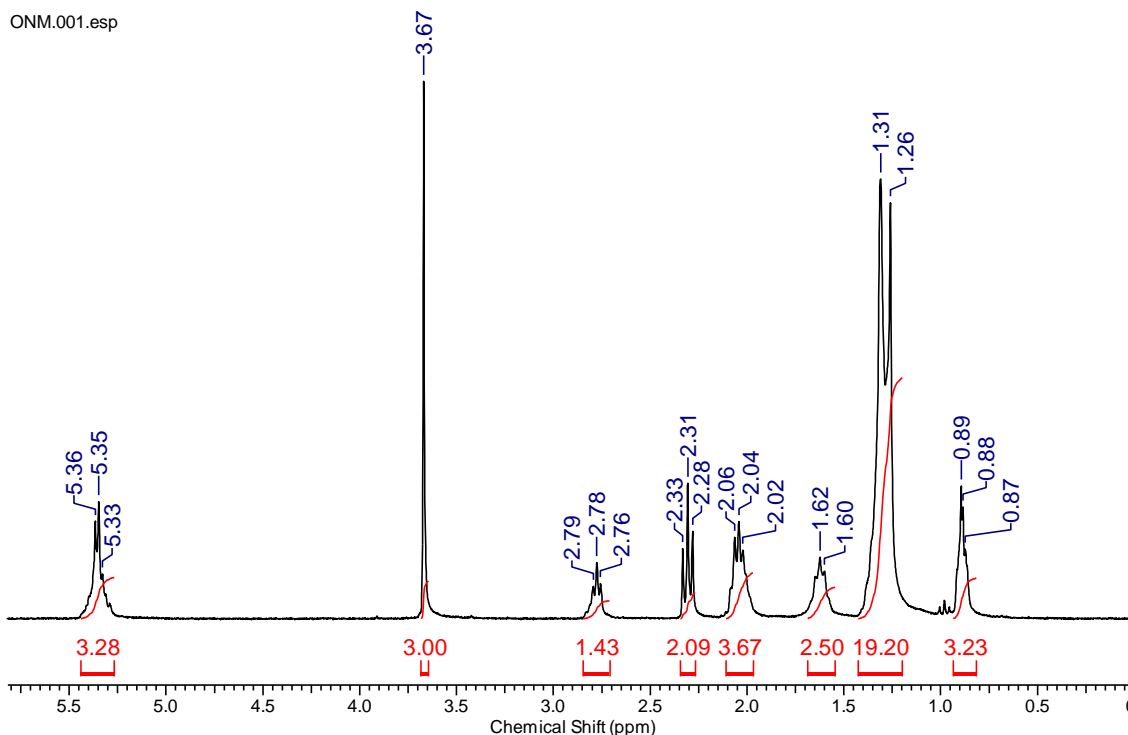
**Anexo 1.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja virgem, etanol combustível na metodologia tradicional.

QUE.001.esp

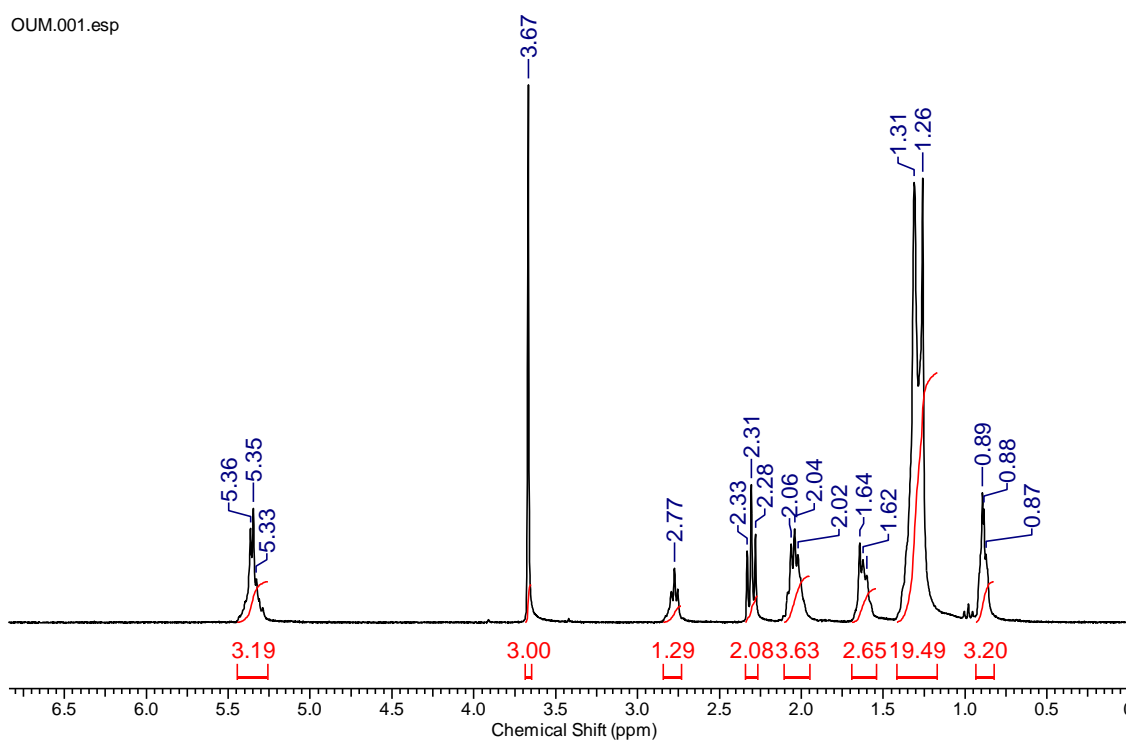


**Anexo 2.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja residual, etanol combustível e metodologia tradicional

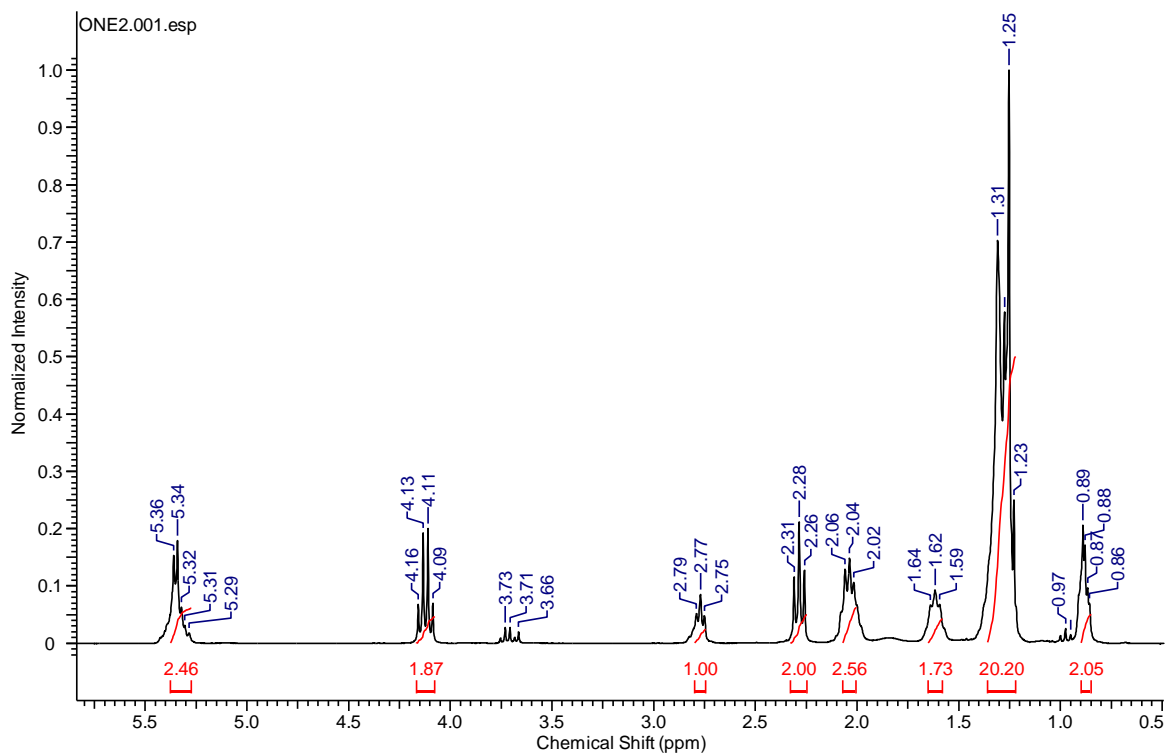




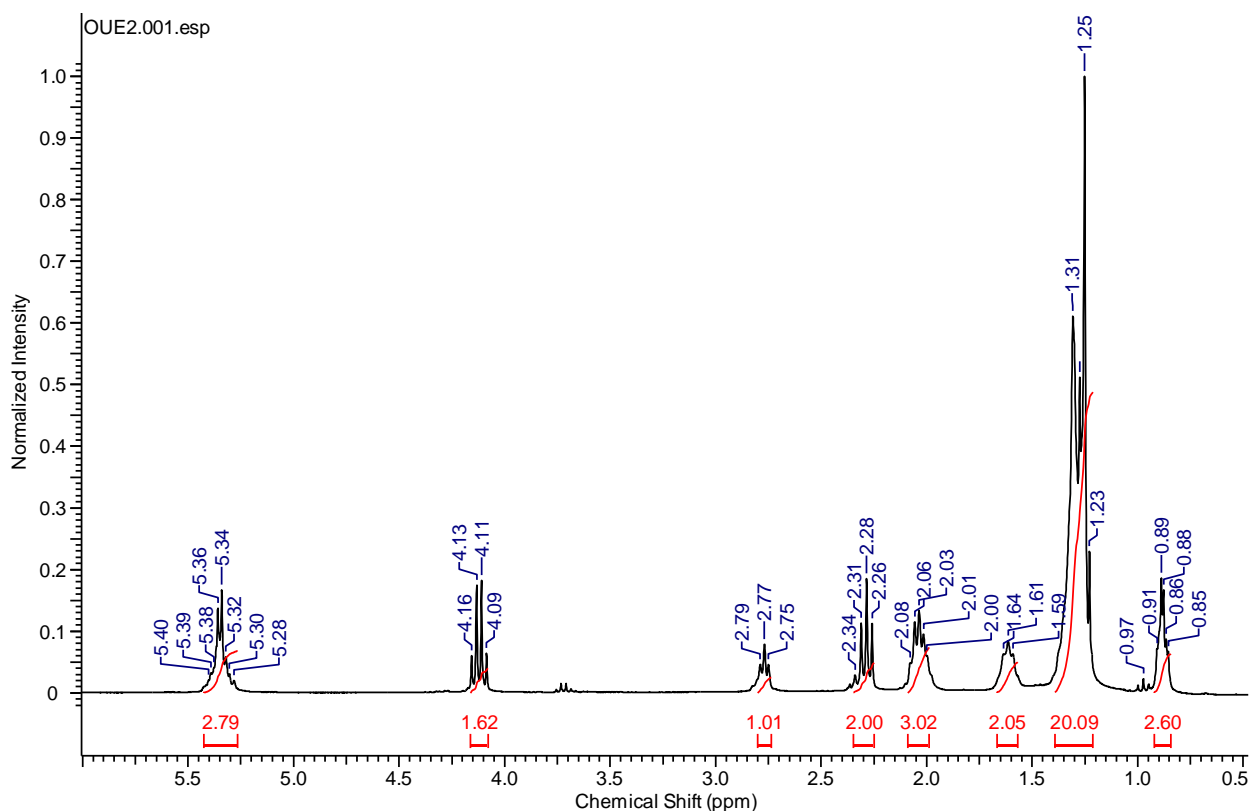
**Anexo 3.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja virgem, metanol e metodologia tradicional



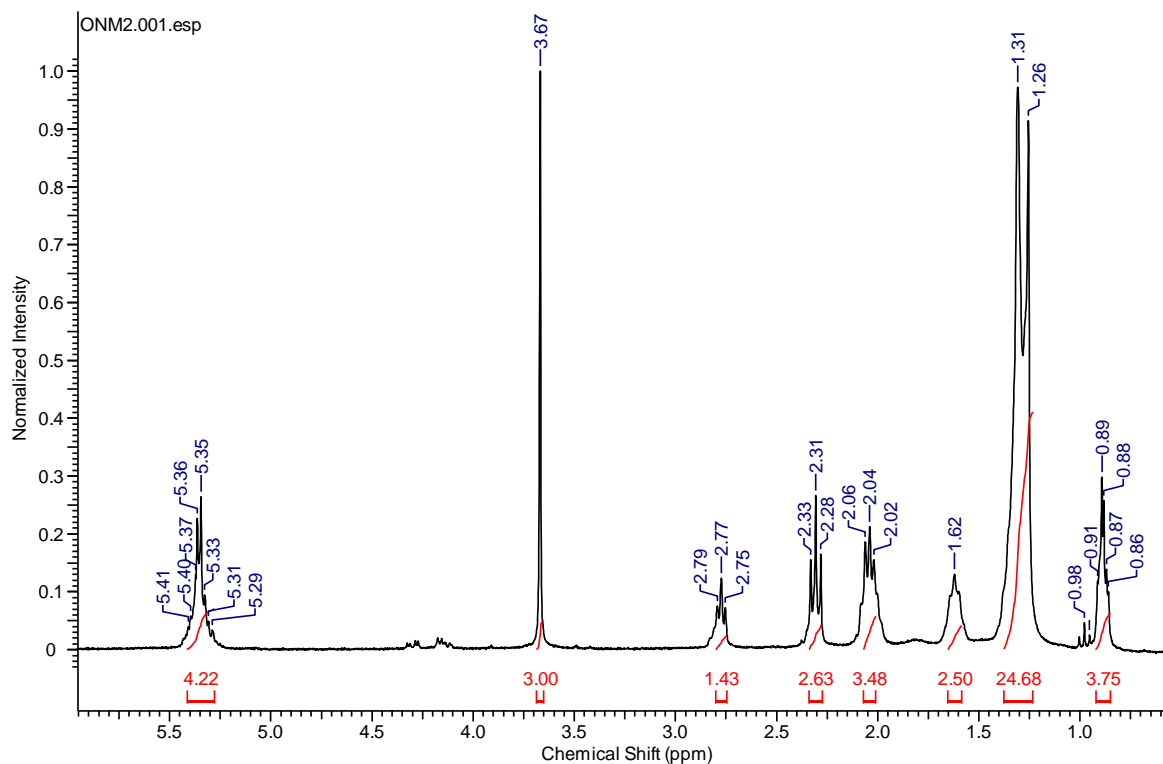
**Anexo 4.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja residual, metanol e metodologia tradicional.



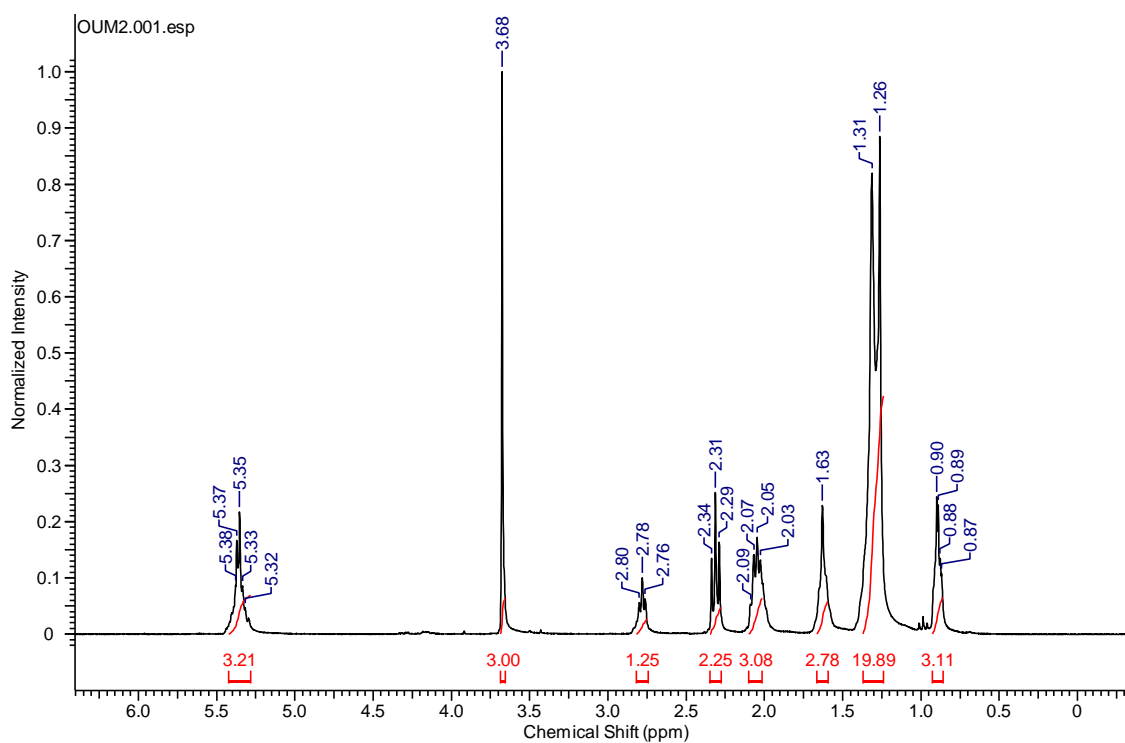
**Anexo 5.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja virgem, etanol P.A e micro-ondas por 10 segundos



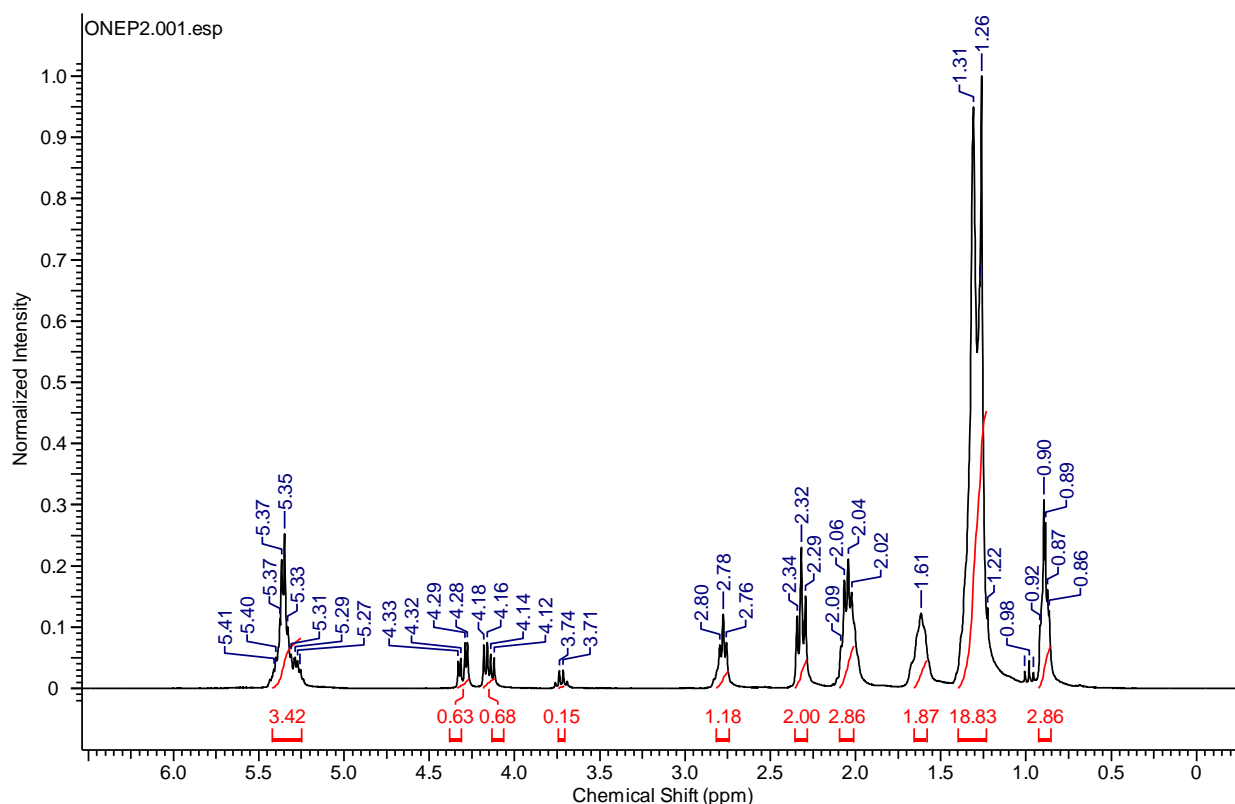
**Anexo 6.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja residual, etanol P.A e micro-ondas por 10 segundos



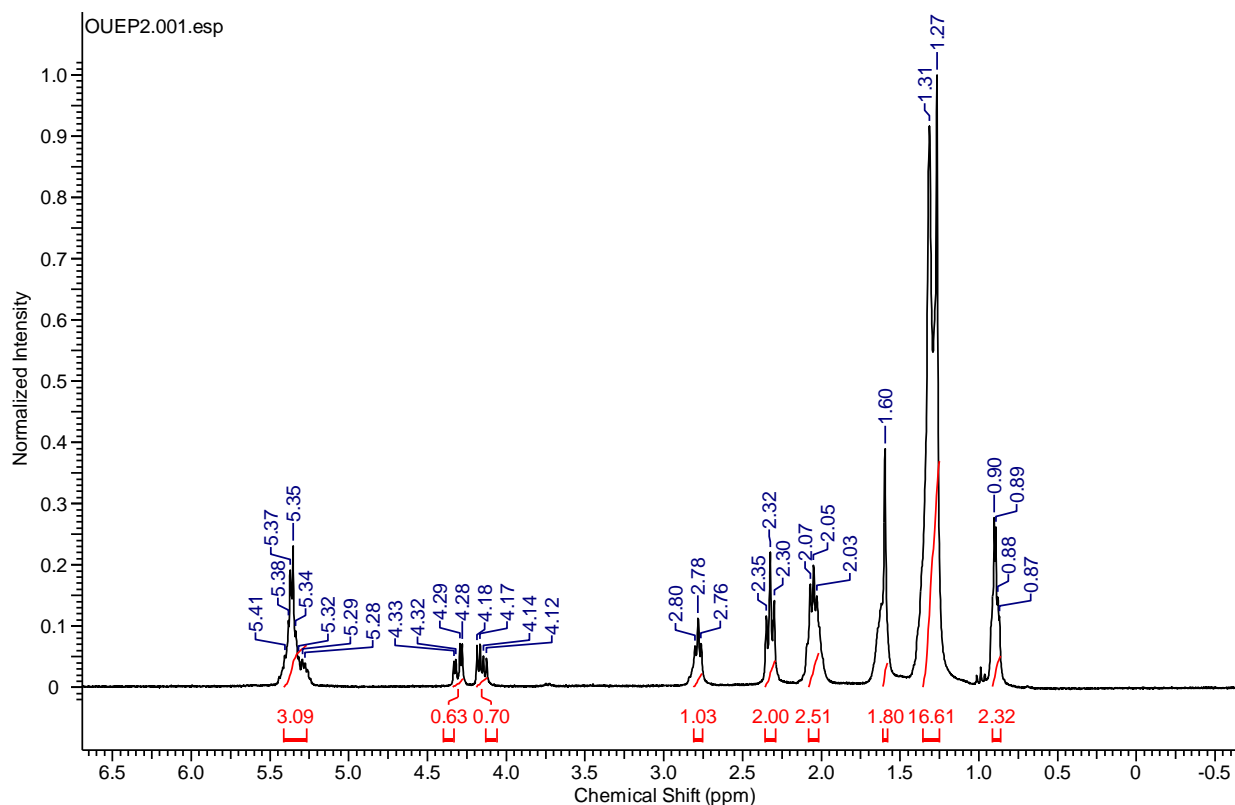
**Anexo 7.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja virgem, metanol e micro-ondas por 10 segundos



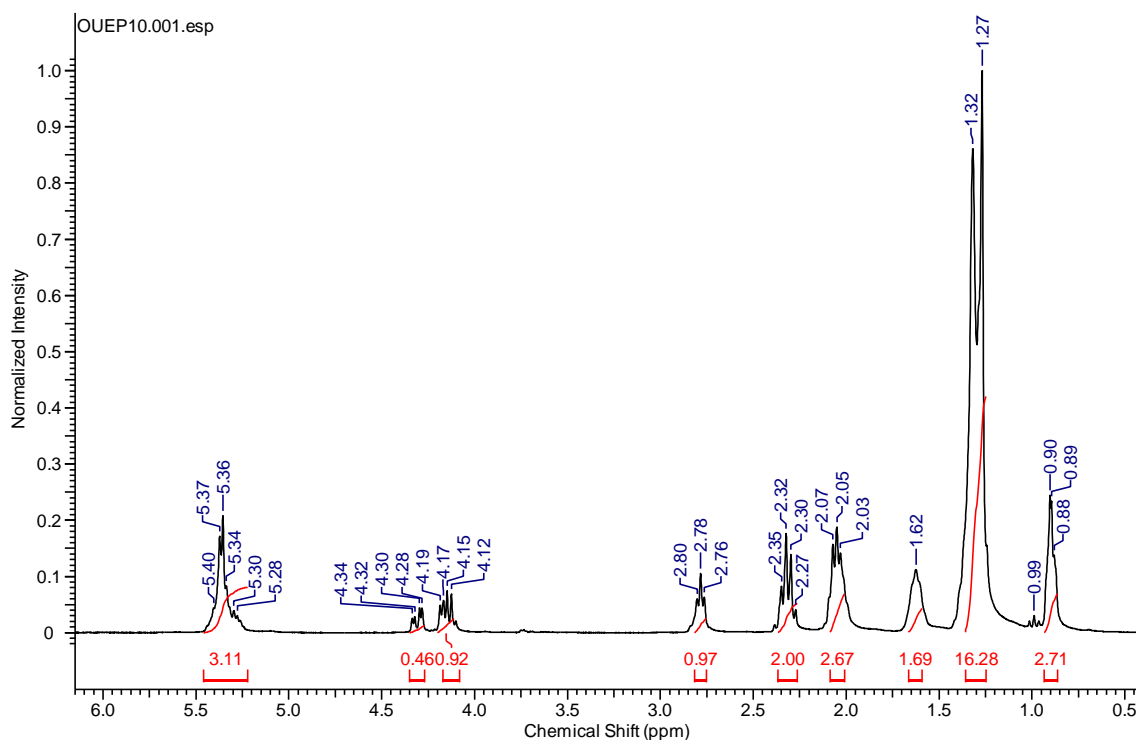
**Anexo 8.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja virgem, metanol e micro-ondas por 10 segundos



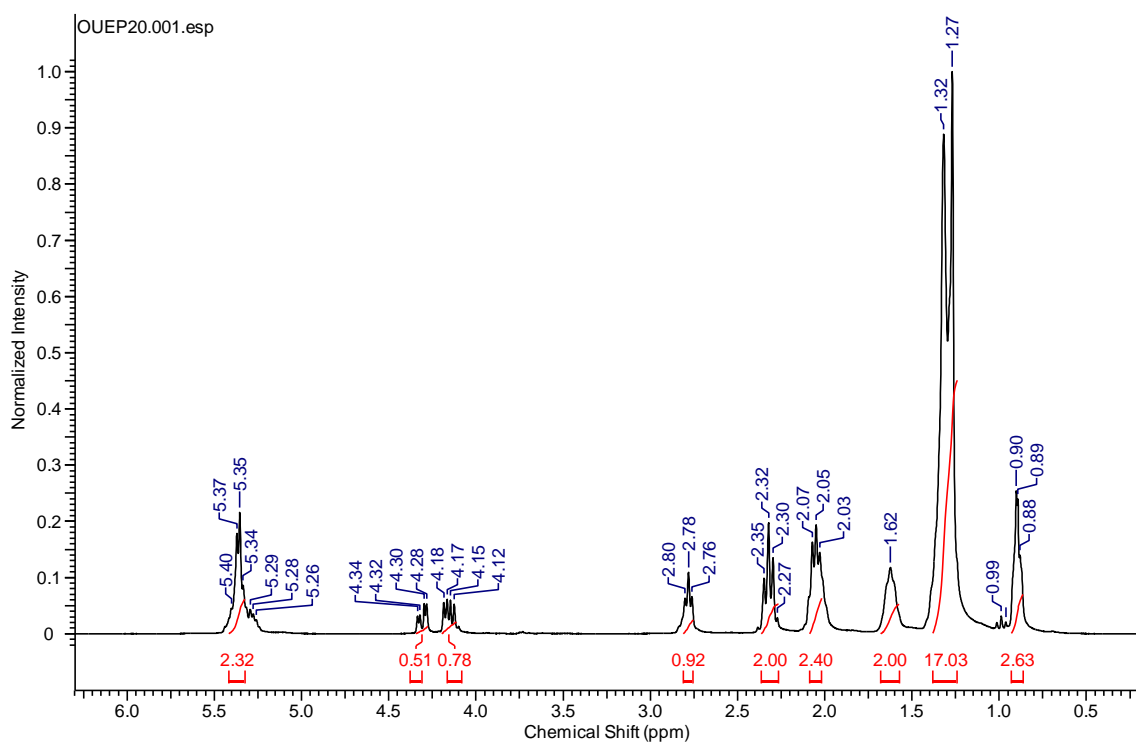
**Anexo 9.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja residual, metanol e micro-ondas por 10 segundos



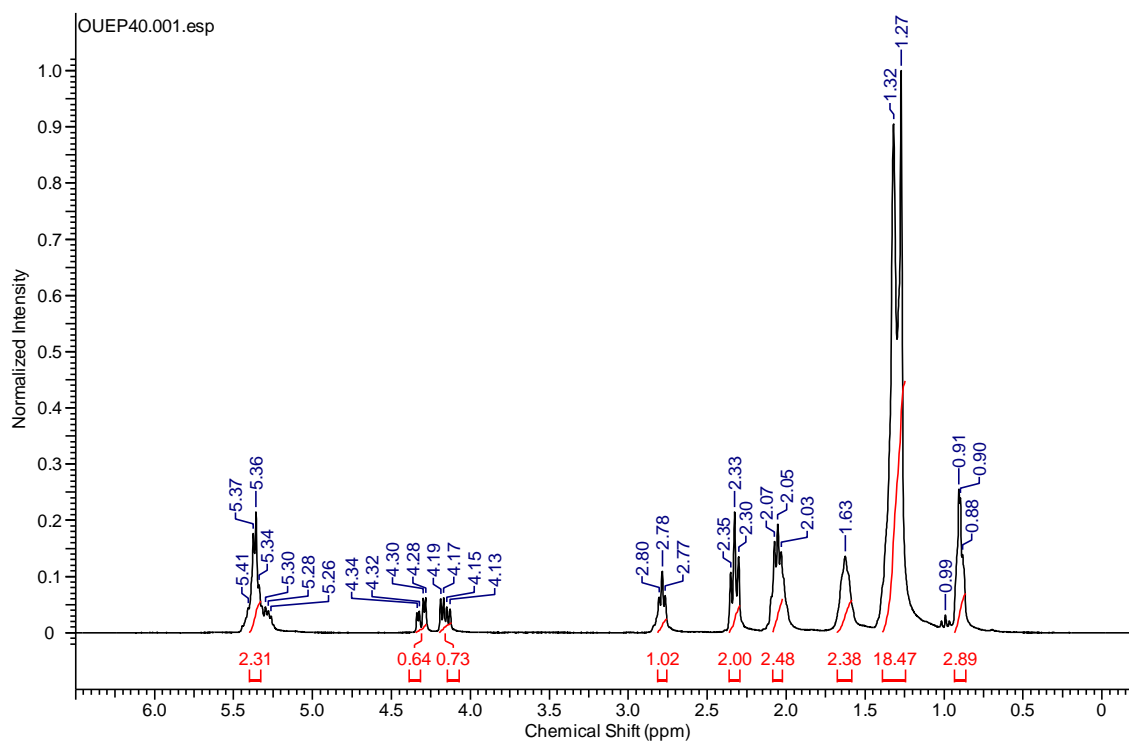
**Anexo 10.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja residual, etanol combustível e micro-ondas por 10 segundos



**Anexo 11.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja residual, etanol combustível e micro-ondas por 10 +10 segundos



**Anexo 12.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja residual, etanol combustível e micro-ondas por 20 +20 segundos



**Anexo 13.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\delta\text{H}$ ,  $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) do biodiesel feito com óleo de soja residual, etanol combustível e micro-ondas por 40 segundos.